



**ANÁLISE DE MAPEAMENTO DE USO E OCUPAÇÃO
DO SOLO, ENTRE AS METODOLOGIAS DO
TERRACCLASS CERRADO 2013 E CORINE LAND
COVER 2018, PARA O MUNICÍPIO DE CRISTALINA-
GOIÁS, BRASIL**

Daniel de Oliveira Soares

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do
grau de Mestre em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica

**ANÁLISE DE MAPEAMENTO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, ENTRE
AS METODOLOGIAS DO TERRACCLASS CERRADO 2013 E CORINE
LAND COVER 2018, PARA O MUNICÍPIO DE CRISTALINA-GOÍÁS,
BRASIL**

Dissertação orientada por:

Professor Doutor Mário Sílvio Rochinha de Andrade Caetano

Coorientada por:

Professora Doutora Elaine Barbosa da Silva

Novembro de 2019

DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE

Declaro para os devidos fins que se fazem necessários, que todo o trabalho incluído neste documento é da minha autoria e não de outra pessoa, com todas as citações exigidas. Toda a assistência recebida de outras pessoas está devidamente assinalada e é efetuada referência a todas as fontes utilizadas (publicadas ou não).

O trabalho não foi anteriormente submetido ou avaliado na NOVA Information Management School ou em qualquer outra instituição.

Lisboa, janeiro de 2020.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao Universo por ter fluído a minha chegada até aqui.

À minha família que além de sanguíneo e emocional, também chamo de “as mulheres da minha vida”: Noêmia (mãe), Helissa (irmã) e Hendria (irmã).

Ao meu supervisor/orientador Professor Doutor Mário Caetano pela sua orientação, por ter aceitado a minha proposta e me dado a oportunidade de escrever algo em que pudesse expandir meus horizontes académicos e na concretização deste trabalho.

À professora Doutora em Geografia, Elaine Barbosa da Silva, da Universidade Federal de Goiás, essa também me ajudou e me deu diversas orientações desde o bacharelado em Geografia, e incentivos para concretização de mais essa etapa. Sua contribuição em minha vida académica vem desde 2013, além desta contribuição, tornou-se uma grande amiga.

Aos meus “verdadeiros” amigos, onde não vou citar nomes, mas eles sabem quem são. Estes que sempre estiveram a incentivar-me e respeitar minhas escolhas, minha indisponibilidade por causa da dinâmica da vida académica e das consequências deste caminho. Mesmo assim, nunca deixaram a amizade se perder e nunca dececionaram a minha confiança, vice-versa. Também sempre me fizeram sorrir nas horas mais difíceis.

Agradeço especialmente ao Professor do curso de Engenharia de Transportes e Geologia da Universidade Federal de Goiás, que hoje é doutor em Geografia Alex Mota dos Santos, por ter sempre me dado incentivos do que fazer sobre a minha dissertação e sobre minha caminhada académica. Temos uma amizade desde o ano 2001 quando estudamos a primeira vez juntos no antigo Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás, no curso superior de Tecnologia em Geoprocessamento.

Agradeço à Direção Geral do Território – DGT, que além de aprendido muito na investigação, deu-me também o aporte prático e financeiro para a conclusão deste trabalho. Aos colegas de investigação, muito obrigado!

Finalmente, a todas aquelas pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a minha chegada até este momento.

ANÁLISE DE MAPEAMENTO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, ENTRE AS METODOLOGIAS DO TERRACCLASS CERRADO 2013 E CORINE LAND COVER 2018, PARA O MUNICÍPIO DE CRISTALINA-GOIÁS, BRASIL

RESUMO

A partir das décadas de 1970, o Cerrado brasileiro passou por uma variedade de mudanças quanto ao uso e ocupação do solo. Esse processo foi potencialmente e particularmente desencadeado pela agropecuária moderna. A dinâmica teve como consequência principal a fragmentação de remanescentes e diminuição das coberturas vegetais naturais, onde gerou impactos significativos para a biodiversidade. O município de Cristalina-Goiás é um exemplo onde foi densamente ocupado para a agricultura mecanizada e pastagens para criação e pastoreio do gado bovino. Uma diversidade de mapeamentos tem sido feita e a cartografia, juntamente com a detecção remota evoluíram constantemente nos últimos anos. Para isso, mapas de uso e ocupação do solo proporcionam alternativas para o planejamento e tomadas de decisões e o Poder Público necessita de tais instrumentos para suas ações e implementações de políticas públicas. A exemplo disto, no Brasil, a Amazônia possui o mapeamento TerraClass Amazônia, que derivado deste, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), elaborou em 2013 a versão TerraClass Cerrado. Este mapeamento teve a colaboração para sua confecção, diversas instituições públicas de análise espacial e universidades. O TerraClass Cerrado possui como característica de uso de dez classes de uso e ocupação do solo, onde se agregam classes natural, agropecuária, pastagens, urbanas, água e mineração, numa escala de 1:250.000. A presente pesquisa busca adaptar esse mapeamento TerraClass Cerrado 2013, para as características metodológicas do Corine Land Cover, usado no âmbito da União Europeia, onde há uma maior quantidade de classes específicas, Unidade Mínima Cartografada de 25 hectares por polígonos mínimos e distanciamento de 100 metros mínimos entre linhas, bem como uma escala de 1:100.000. O interesse dessa aplicação é para verificação da viabilidade da metodologia e mapeamento CLC ser enquadrado para outras metodologias aplicadas a mapeamentos no âmbito municipal, estadual em escalas de médias resoluções espaciais, para o cenário nacional brasileiro.

ABSTRACT

From the 1970s, the Brazilian Cerrado underwent a variety of changes in land use and occupation. This process was potentially and particularly triggered by modern farming. The dynamic had as a consequence the fragmentation of remnants and reduction of natural vegetation cover, where it generated significant impacts on biodiversity. The municipality of Cristalina-Goiás, for example was densely occupied for mechanized agriculture and pastures for cattle breeding and grazing. A variety of mappings have been made and cartography along with remote sensing has evolved constantly. For this, land use and occupation maps provide alternatives for planning and decision making and the Government needs such instruments for its actions. As an example of this, in Brazil, the Amazon has the TerraClass Amazônia mapping, which derived from it, the National Institute for Space Research (INPE), prepared in 2013 the TerraClass Cerrado version. This mapping had the collaboration for its preparation, from several public institutions of spatial analysis and universities. TerraClass Cerrado is characterized by the use of ten classes of land use and occupation, which include natural, agricultural, pasture, urban, water and mining classes, on a scale of 1: 250,000. This research seeks to adapt this mapping TerraClass Cerrado 2013, to the methodological characteristics of CORINE Land Cover, used within the European Union, where there is a greater number of specific classes, Minimum Mapped Unit of 25 hectares by minimum polygons and 100 meters distance. between lines as well as a scale of 1: 100,000. The purpose of this application is to verify the feasibility of the CLC methodology and mapping to be framed for other methodologies applied to mapping at the municipal, state and medium spatial resolution scales, for the Brazilian national scenario.

PALAVRAS-CHAVE

Deteção Remota,
Sistemas de Informação Geográfica,
Imagens Digitais,
Uso e Ocupação do solo,
TerraClass Cerrado,
CORINE Land Cover.

KEYWORDS

Remote Sensing,
Geographic Information System,
Digital Images,
Use and Land Cover,
TerraClass Cerrado,
CORINE Land Cover.

ACRÓNIMOS

CLC – Corine Land Cover

CORINE – Coordination of information on the Environment

DGT – Direção Geral do Território

EEA – Environment European Agency

FAO - Food and Agriculture Organization

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LAPIG – Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

SRAII – Superfícies Regionais de Aplainamento

TERRACCLASS – Mapeamento de uso e cobertura vegetal do bioma Cerrado

TM - Thematic Mapper

USGS - United States Geological Survey

UCS – Uso e Cobertura do solo

UMC – Unidade Mínima Cartografada

UTM - Universal Transversal de Mercator

ZER – Zonas de Erosão Recuante

ÍNDICE DO TEXTO

DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE	2
AGRADECIMENTOS	3
RESUMO	4
ABSTRACT	5
PALAVRAS-CHAVE.....	6
KEYWORDS	6
ACRÓNIMOS.....	7
ÍNDICE DE TABELAS	10
ÍNDICE DE FIGURAS	11
LISTA DE ANEXOS	12
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Hipótese do Trabalho	3
1.2. Relevância do estudo.....	3
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Geral.....	4
1.3.2. Específicos	4
1.4. Organização do trabalho	4
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
2.1. Detecção Remota, SIG e Cartografia.....	5
2.1.1. Detecção Remota	5
2.1.2. Detecção Remota e a Interpretação Visual	6
2.1.4. Sistemas de Informação Geográfica.....	8
2.1.5. Cartografia	8
2.2. Cerrado brasileiro.....	9
2.2.1. Ocupação e fitofisionomias naturais típicas do Cerrado	9
2.2.2. Aspectos gerais do uso e ocupação do solo no Cerrado	16
2.2.3. Monitorização das mudanças da paisagem a partir dos tipos de Usos e Ocupação do solo no Cerrado brasileiro	18
2.2.4. TerraClass Cerrado.....	18
2.2.5. Corine Land Cover.....	20
2.2.6. Uso das nomenclaturas do CLC para o TerraClass Cerrado	21

3	ÁREA DE ESTUDO.....	25
3.1	Localização no Brasil da Área de Estudo.....	25
3.2	Características naturais e climáticas de Cristalina	25
3.3	Geologia e Geomorfologia de Cristalina.....	27
3.4	Agricultura, Pastagens e Regadios/Pivôs Centrais.....	29
3.5	Classificação e produto final do TerraClass Cerrado 2013.....	29
4	METODOLOGIA	31
4.1	Materiais utilizados para a Análise	31
4.2	Método para concretização do trabalho	31
4.3	Base de dados cartográfica.....	32
4.3.1	Base de dados TerraClass Cerrado recorte município de Cristalina - Goiás.....	32
4.3.2	Corine Land Cover – CLC	34
4.3.3	Interpretação/inspeção Visual das Classes	34
4.3.4	Avaliação da Interpretação/inspeção Visual	35
4.3.4.1	Classificação Visual.....	35
4.3.4.2	Alterações entre 2013 e 2018.....	36
4.3.5	Avaliação da exatidão temática do produto final	38
4.3.6	Confeção e Produção de Mapas Temáticos.....	41
5	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	43
5.1	Adaptação da Base TerraClass Cerrado para Corine Land Cover	43
5.2	Alterações de usos entre 2013 e 2018	47
5.3	Uso e Cobertura do solo em 2013	49
5.4	Uso e Cobertura do solo em 2018.....	50
5.5	Análise da Metodologia Aplicada.....	51
5.6	Resultado da exatidão temática do produto final	53
5.7	Importância dos TerraClass Cerrado e Corine Land Cover para análise de Uso e Ocupação do solo no Cerrado brasileiro	54
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	57
6.1	Considerações Finais.....	57
6.2	Recomendações.....	58
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Classes de uso e cobertura do solo para formações vegetais e fitofisionomias típicas do Cerrado Brasileiro (Ribeiro <i>et al.</i> , 1983).....	26
Tabela 2: D Áreas por km ² dividido por classes e percentagens em relação a todo o território do Cerrado. Fonte (INPE, 2014).	30
Tabela 3: Dados utilizados para a realização da metodologia.....	31
Tabela 4: Representação matemática da matriz de erro. Adaptado de Bernardes (2006).....	40
Tabela 5: Atributos recolhidos nas unidades amostrais da base de dados de referência da exatidão temática do CLC Cristalina – Goiás 2018 e TerraClass Cerrado 2013, com recorte do mesmo município.....	41
Tabela 6: Classes utilizadas no TerraClass Cerrado 2013	45
Tabela 7: Classes utilizadas no Corine Land Cover 2018.....	46
Tabela 8: Percentagem das alterações de classes de uso e ocupação do solo entre 2013 e 2018 no município de Cristalina – Goiás por uso de nomenclatura.....	49
Tabela 9: Percentagem geral de classes em relação 2013 e 2018 relacionadas às alterações	52
Tabela 10: Estimativa de exatidão global, precisão da estimativa (d) e intervalos de confiança a 95% para o TerraClass Cerrado 2013 e CLC Cristalina – Goiás 2018, nos cinco níveis da nomenclatura CLC.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fitofisionomias das coberturas naturais do bioma Cerrado.....	11
Figura 2: Mapa de Localização Geográfica da Área de Estudo	25
Figura 3: Geologia e Geomorfologia da área de estudo. Fonte: (SIEG, 2017)	28
Figura 4: Mapa de uso e ocupação do solo do TerraClass Cerrado 2013. Fonte (INPE, 2014).	30
Figura 5: Metodologia para adaptação do TerraClass Cerrado para o CLC	31
Figura 6: Imagem do ecrã do computador onde uma pastagem em 2013 pelo satélite Landsat 8 OLI 18.	37
Figura 7: A mesma imagem, mas no satélite Sentinel 2 com uma alteração de agricultura em 2018, onde o polígono possui mais de 25 hectares	37
Figura 8: Exemplos de unidades amostrais (pontos), em que as regiões ao redor correspondem o suporte espacial (polígono circular), onde a UMC das cartas correspondem a 25 há. A imagem de fundo corresponde à falsa cor do Landsat 8 OLI 2013.	39
Figura 9: Adaptação de classes do TerraClass Cerrado 2013, para o CLC.....	44
Figura 10: Alterações nas classes ocorridas entre 2013 e 2018.....	47
Figura 11: Classificação do uso e cobertura do solos pelo TerraClass Cerrado 2013.	50
Figura 12: Classificação de uso e cobertura do solo com o CLC em 2018.....	51
Figura 13: Gráfico de percentagem de usos e ocupação entre 2013 e 2018 e alterações	53
Figura 14: Classes de uso e ocupação do solo no mapeamento TerraClass Cerrado 2013.....	55
Figura 15: Classes adaptadas ao CLC com uma melhor caracterização e mais classes	55

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Nomenclaturas das classes de uso e ocupação do solo do CLC adaptadas para o Cerrado brasileiro	67
Anexo 2 – Matriz de erro do TerraClass Cerrado 2013 adaptado ao CLC, nível 1. Adaptado de (Caetano <i>et al.</i> , 2016).....	69
Anexo 3 – Matriz de erro do TerraClass Cerrado 2013 adaptado ao CLC, nível 2. Adaptado de (Caetano <i>et al.</i> , 2016).....	70
Anexo 4 – Matriz de erro do TerraClass Cerrado 2013 adaptado ao CLC, nível 3. Adaptado de (Caetano <i>et al.</i> , 2016).....	71

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, país continental, com uma diversidade de biomas diferentes, seis ao todo, tem o Cerrado que é o segundo maior em importância da biodiversidade e dimensão territorial, onde perde somente para a Amazônia (Silva, 2013). É também uma das savanas do planeta, que possuem melhores condições edafoclimáticas para a produção e extensão agropecuária (Goedert *et al.*, 2008). Com as condições naturais, sejam elas climáticas, de características de solos, quantidade de recursos hídricos e com a associação às correções possíveis de serem feitas em solos, que no caso do Cerrado possuem altos níveis de acidez, bem como a fertilização artificial, o bioma brasileiro viu-se bastante ocupado principalmente após a década de 1970 (Miziara, 2008). Esta ocupação trouxe a possibilidade para o aumento de produções variadas de *commodities* agropecuárias, onde o Brasil atualmente é grande exportador (Miziara; Ferreira, 2008). Com este aumento da produtividade, coincidente com o avanço da fronteira agrícola para o Centro-Oeste nas décadas de 1970, diversas vertentes de pensamento econômico e governamental, acreditavam que o Cerrado pudesse se tornar a solução para a diminuição da fome no planeta (Borlaug, 2003).

É um dos maiores produtores de grãos e carne bovina do mundo e cumpre papel mundial de produção e o reconhecimento baseia-se numa alta demanda de exportação aos mais diversos países (Mueller; Marta Júnior, 2008; Brasil, 2007; Anualpec, 2012). O então governo militar brasileiro, a partir das décadas de 1970, com a política de ocupação e desenvolvimento do interior do país, criou o II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND) (Brasil, 1975). Um desses fatores, são importantes para perceber como os reflexos da produtividade está alta na atualidade, onde o II PND veria a região Centro-Oeste brasileira e onde encontra-se boa parte do bioma Cerrado, uma grande região com potencial para desenvolvimento da agropecuária, a atender aos mercados consumidores internos do Brasil e no mundo (Silva, 2013).

Nestes últimos 50 anos desde a iniciação do processo em que o Estado brasileiro promoveu o incentivo de uso e ocupação do solo do Centro-Oeste, a fim de produção extensiva para a agricultura no Cerrado e o desenvolvimento, expansão e modernização dos meios de atividades, o bioma tem sentido a perda considerável dos

seus remanescentes de forma bem acentuada e isso tem gerado consequências drásticas (Silva, 2013). E os impactos visíveis e expressivos, tais como a redução e fragmentação dos seus ecossistemas (Machado, 2000; Carvalho *et al.*, 2009), fez o Cerrado se tornar um dos *hotspots* da biodiversidade no planeta (Myers *et al.*, 2000). Entretanto, nos dias atuais existem uma diversidade de tecnologias capazes de proporcionar uma monitorização às mais diversas análises espaciais, assim como os Sistemas de Informação Geográfica e a Detecção Remota. A detecção remota, faz uso de imagens multitemporais sejam elas de alta, média ou baixa resolução espacial, bem como diversas com resoluções temporais, radiométricas e espectrais disponíveis, e são imprescindíveis para proporcionarem uma análise acurada quanto ao uso e ocupação do solo. No caso de mapeamento de uso e ocupação do solo, a série Landsat tem tido papel importante desde o lançamento das primeiras imagens nas décadas de 1970, entretanto, atualmente temos outras opções de imagens, com ainda melhor qualidade, resolução e acesso, como o caso do Sentinel, sob responsabilidade da *European Space Agency* (ESA), que possui resolução espacial de 10 metros. Essas imagens são disponibilizadas gratuitamente, no que amplia as opções de trabalhos e aplicações para pesquisas e investigações, com baixo custo e alto valor para a comunidade científica. O mapeamento realizado em 2002 pelo Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (Probio), utilizou-se imagens de satélite Landsat 5 ETM+, com resolução espacial de 30 metros e confirmou uma perda de em torno de 50% da sua vegetação original (Sano *et al.*, 2010). Em 2013 diversas instituições públicas brasileiras se uniram juntamente ao Ministério do Meio Ambiente para realizar a primeira versão de Mapeamento de Uso e Cobertura Vegetal do Cerrado, ao qual foi designado de TerraClass Cerrado. Estas instituições com vasta experiência em detecção remota, sistemas de informação geográfica e mapeamentos de vários níveis de escala conseguiram implementar um mapa, na escala de 1:250.000, contendo dez classes de uso e ocupação do solo para todo o Cerrado Brasileiro (INPE, 2014).

A partir desta temática, esta dissertação propõe uma análise de adaptação desse mapeamento TerraClass Cerrado 2013, para os moldes do Corine Land Cover que tem tido bons resultados no que tange uso e ocupação do solo para os países membros da União Europeia. No caso deste trabalho, haverá um recorte espacial para o município

de Cristalina-Goiás com uso de Sistemas de Informação Geográfica, bem como técnicas da Cartografia, para a elaboração deste trabalho.

1.1. Hipótese do Trabalho

O uso de imagens de satélite e ortofotos para a análise espacial são um dos processos mais importantes para concretizar o objetivo de estudo de uso e ocupação do solo no mundo. Desde quando essas tecnologias foram inventadas, a ciência e sociedade num contexto geral têm sido beneficiadas pelos recursos tecnológicos em mais diversas escalas. No caso deste trabalho, há a hipótese de um melhoramento do mapeamento TerraClass Cerrado, com a aplicação do Corine Land Cover, com o recorte espacial para o município de Cristalina - Goiás. A partir da metodologia Corine Land Cover Cristalina - Brasil (CLC), aplicada ao mapeamento TerraClass Cerrado 2013 é possível descrever, caracterizar, classificar e comparar as características de uso e cobertura do solo, e perceber as alterações ocorridas entre os anos de 2013 e 2018, interpretadas de imagens de satélite de média resolução espacial Landsat 8 OLI em 2013 e sua validação em 2018, com imagens de satélite de alta resolução espacial Sentinel 2, para por fim, a construção de um mapa na escala de 1:100.000.

1.2 Relevância do estudo

O estudo de dinâmicas de uso e ocupação do solo, tem como objetivo a percepção das evoluções históricas que ocorreram durante o tempo sobre a superfície do solo, sejam elas alterações de vegetação, relevos, ocupações antrópicas, etc. Diante do cenário atual em que se encontra o bioma Cerrado, numa encruzilhada entre o desenvolvimento econômico do país e a preservação de sua biodiversidade, a análise de uso e ocupação do solo tem grande importância econômica, social e ambiental para toda a sociedade. Dessa forma a perspectiva para o cenário futuro é de uma monitorização frequente, permanente, padronizada e acurada proposta para somar um diferencial no que tange os mapeamentos de uso e ocupação do solo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Adaptar e aplicar a metodologia e nomenclatura CORINE Land Cover sobre o mapeamento TerraClass Cerrado 2013 para as condições do território do município de Cristalina - Goiás;

Verificar alterações ocorridas entre os anos 2013 a 2018, com base na metodologia CLC;

Gerar mapeamentos e cartografia temáticos e cobertura e uso do solo para o município de Cristalina - Goiás na escala de 1:100.000, de acordo com a metodologia CORINE Land Cover usada para o Brasil e estatísticas.

1.3.2 Específicos

Adaptar as nomenclaturas Corine Land Cover em cinco superclasses (Territórios artificializados, Áreas de agricultura e pastagens, Vegetação e áreas naturais, Áreas húmidas e Corpos de água), três níveis de acurácia e adaptá-las às terras do Cerrado brasileiro, com recorte espacial do município de Cristalina-Goiás;

Interpretar, validar e verificar e quantificar as alterações da cobertura, uso e ocupação do solo para 2018 no município de Cristalina - Goiás.

1.4 Organização do trabalho

No primeiro capítulo é apresentado o tema de pesquisa, a introdução, o enquadramento correspondente revisão bibliográfica acerca do tema da dissertação apresentada, a motivação, a hipótese do trabalho, a relevância do estudo e os objetivos gerais e específicos;

O segundo capítulo é feito a revisão bibliográfica do tema e mostrada a caracterização geográfica da área de estudo como informações sobre o município, sua histórica, caracterização social e física-ambiental;

O terceiro capítulo mostra o recorte da área de estudo que compreende ao município de Cristalina-Goiás;

No quarto capítulo a metodologia do trabalho feita para essa dissertação é explicada, onde há a aplicação do Corine Land Cover sobre a base cartográfica do TerraClass Cerrado 2013, fotointerpretação por objetos, etapas de início, processamento, construção, exatidão temática e finalização do trabalho;

O quinto capítulo são analisados os resultados ao longo do trabalho;

No sexto capítulo são tecidas as considerações finais, associadas às conclusões obtidas na metodologia e aos objetivos da pesquisa, são feitas recomendações para novas pesquisas, no que considera a necessidade de avanço a novos estudos de aplicação de métodos de fotointerpretação para análise de uso e ocupação do solo nas mais diversas escalas, bem como a resolução de problemas para benefício do meio ambiente e qualidade de vida da população.

E finalmente, o sexto capítulo têm as referências bibliográficas e posterior os anexos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta fundamentação teórica será feita a articulação do trabalho, baseado no uso e aplicação da Detecção Remota, Sistemas de informação Geográfica e Cartografia, bem como abordar sobre os mapeamentos que serão utilizados na metodologia, como o TerraClass Cerrado, onde será adaptado para o Corine Land Cover.

2.1 Detecção Remota, SIG e Cartografia

2.1.1 Detecção Remota

De acordo com Novo (2008), a Detecção Remota pode ser definida como uma aquisição de informações sobre um determinado objeto encontrado sobre a superfície terrestre, a partir de medidas feitas por um sensor que não se encontra diretamente ou em contacto físico com ele. A informação obtida a partir desses sensores refere-se à radiação eletromagnética emitida por eles, a partir da relação com o sol (Caetano, 2012). A detecção remota utiliza-se de modernos sensores a bordo de aeronaves e/ou satélites, equipamentos para transmissão, recepção, armazenamento e processamentos de dados, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre nos domínios espacial, temporal e físico, através do registo e da análise das interações entre a radiação

eletromagnética e as substâncias componentes no planeta Terra (Rocha, 2002).

Para Matos (2008), a detecção remota baseia-se na radiação emitida ou refletida pelos objetos. Assim sendo, nem todas as bandas espectrais são utilizáveis devido ao fenómeno de absorção, em que a energia eletromagnética é convertida noutra forma de energia por interação com matéria. Por exemplo, a radiação ultravioleta é absorvida pelo ozono, daí não ser utilizada em detecção remota, assim como o vapor de água absorve a radiação no domínio do visível. As zonas do espectro de radiação eletromagnética para as quais a radiação solar não sofre absorção designam-se por janelas atmosféricas. É a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados, da superfície terrestre, mediante a captação e do registo de energia refletida ou emitida pela superfície incluindo as fotografias aéreas e as imagens de satélite.

2.1.2 Detecção Remota e a Interpretação Visual

A interpretação visual de imagens de Detecção Remota pode ser definida como um processo de extração de informações sobre alvos da superfície terrestre e isso tem como base, a resposta espectral dos alvos, a partir daquelas imagens obtidas por sensores a bordo de satélites (Florenzano, 2002). A aplicação potencial para interpretação visual de imagens de satélites podem ser:

Mapeamento de áreas agrícolas;

Mapeamento de florestas;

Mapeamento de estruturas geológicas;

Mapeamento de crescimento urbano e áreas artificializadas;

Mapeamento de pastagens;

A cartografia de uso e ocupação do solo pode ser considerada um instrumento indispensável e fundamental, na tomada de decisão em ordenamento e planeamento do território, e na definição de políticas de gestão de recursos naturais (Caetano et al., 2002).

Conforme Lu e Weng (2007), a classificação de imagens de detecção remota possui duas vertentes, a classificação automática ou semi-automática e a interpretação/inspeção visual. As classificações automáticas e semi-automáticas possuem uma diversidade de algoritmos capazes de solucionar a demanda em uma alta

carga de dados ou escala reduzida e minimizar a subjetividade. Já a interpretação/inspeção visual levará em conta a metodologia utilizada, a especialidade intuitiva de cada foto-intérprete, bem como sua experiência e técnica para analisar diversos contextos. Na análise por interpretação/inspeção visual Bariou (1978) especifica que o foto-intérprete além de verificada sua experiência e bagagem intelectual e técnica, além de uma metodologia, deve também, seguir a análise a partir da tonalidade dos polígonos, cor, forma, tamanho, sombra, textura, localização geográfica e características da região onde está a interpretar, como forma de tornar a tarefa a mais especializada possível.

2.1.3 Detecção Remota para a análise de Uso e ocupação do solo

Conforme diz Lang *et al.*, (2009), a escolha e a aplicabilidade de métodos automáticos e semi-automáticos para análise de uso e ocupação do solo irão depender do modelo *raster*. A área de estudo neste caso, é dividida em pequenas células (tessellation), onde as divisões das células ocorrem de forma regular, com poucas exceções. É uma forma de representação de fenômenos de forma contínua, onde trata-se de valores espaciais com ocorrência contínua. Exemplo disto, podemos citar a altitude do terreno, valor do pH do solo, nível de humidade, etc. No caso de análises de uso e ocupação do solo, os dados de *raster* representado por imagens digitais, que se baseiam na varredura regular de superfícies com a ajuda de câmaras ou escanes. As imagens de satélite de baixa, média e alta resolução espacial e as fotografias aéreas digitais ou ortofotos pertencem a este grupo que possibilitam essas análises. Para a classificação automática os critérios que irão interessar serão a radiância e reflectância é a razão da energia refletida com a potência desta energia. Esses dados para serem classificados devem estar georreferenciados e obtidas as informações para a interpretação. Já a interpretação/inspeção visual de imagens é um processo dependente de uma certa complexidade, onde há a necessidade de conhecimento de especialista, ou um sistema metodológico onde há o treinamento para a classificação apoiada em outras fontes. Após feito o trabalho de uso e ocupação do solo, o produto será uma camada de dados *rasters*, onde terão temas e categorias de conjuntos de dados que usam modelos denominados classes. Essas classes denominam os usos e ocupação do solo.

2.1.4 Sistemas de Informação Geográfica

Existem diversas discussões acerca às definições dos Sistemas de Informação Geográfica, que persiste até os dias atuais. Segundo Burrough & McDonnell (1998) Geographic Information System é um conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real para um objetivo específico. A definição enfatiza as ferramentas de GIS: sejam hardwares, softwares, banco de dados e Sistemas de Gerenciamento de Bancos de Dados.

Bonham-Carter (1996) apresenta dois conceitos para o termo: o primeiro ele diz que a tecnologia como um todo é que os “GIS são um campo que tem crescido rapidamente...”, e o segundo é que o termo é associado a algum software específico: “Este GIS opera em computadores e portáteis pessoais...”.

Já Aronoff (1989) define o GIS como “sistema de captação, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados georreferenciados”.

Goodchild (1985) irá definir como “um sistema integrado para capturar, armazenar, manipular, analisar informações referentes às relações em uma natureza geográfica”.

Os SIG possuem como características principais a capacidade de inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno; oferecer mecanismos para combinar várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados georreferenciados (Camara & Medeiros, 1998).

Diante das definições acerca dos SIG, suas características podem atender todas as análises de cunho geográfico, porque os SIG são um sistema com capacidade de aquisição, armazenamento, processamento, análise e exibição de informações digitais georreferenciadas, topologicamente estruturadas, associadas ou não a um banco de dados alfanuméricos.

2.1.5 Cartografia

Cartografia é o conjunto de estudos e operações científicas, técnicas e artísticas que intervém a partir dos resultados das observações diretas ou da exploração de documentação variada, com vista à elaboração e obtenção de mapas, plantas e outros

modos de expressão, assim como da sua utilização (Dias, 2007). É também a habilidade para a criação e manipulação de representações, visuais ou virtuais, do espaço geográfico, mapas, que permite a exploração, análise, compreensão e comunicação de informação acerca desse espaço (International Cartographic Association, 2003).

Numa maior abordagem, a Cartografia é a ciência capaz de incluir qualquer actividade em que a representação e utilização de mapas tenha um interesse basicamente comum. É incluído nisto, o ensino da habilidade de mapas com as actividades associadas de catalogação e bibliografia e recolha, comparação e manipulação dos dados e o desenho e preparação de mapas, cartas, plantas e atlas. São actividades que podem implicar em procedimentos altamente especializados e requer um treino especial, onde todas se relacionam com os mapas (Robinson *et al.*, 1987).

2.2 Cerrado brasileiro

2.2.1 Ocupação e fitofisionomias naturais típicas do Cerrado

A ocupação do bioma Cerrado tem se dado por populações humanas, estimadamente há 12.000 anos (Barbosa; Schmitz, 2008), mas é recente a ocupação de forma em que houve actividades económicas e prácticas intensivas e extensivas. O Brasil é um país jovem colonizado por Portugal em torno de 5 séculos atrás, mas a intensidade da ocupação e advento da agropecuária se deu recentemente no interior do país, mais precisamente após a década de 1970. Foi desta época para cá que houve um rápido avanço da ocupação do solo e substituição das vegetações naturais por áreas cultivadas e de produção de *commodities* agropecuárias. O Cerrado brasileiro possui uma posição estratégica no sentido económico e ambiental, porque possui localização centralizadas no continentes sul-americano, possui grande importância hídrica para as questões climáticas e também por conta de nascentes das maiores bacias hidrográficas brasileiras estarem ali nos grandes planaltos. Outra importância é porque o Cerrado possui relevância considerável para a conservação da biodiversidade e desenvolvimento sustentável para o Brasil e América Latina. É reconhecido como savana e possui aproximadamente mais de 12.000 espécies catalogadas, das quais, em torno de 40% são endémicas (IBGE, 2012). Com o avanço da fronteira agrícola, a

partir das décadas de 1970, o Cerrado brasileiro tem sofrido um constante ritmo de desmatamentos, primeiro para a utilização de agricultura e segundo para uso de pastagens para pastoreio de gado bovino (Machado, 2004). Estes processos de antropizações tem causado a redução e fragmentação dos ecossistemas associados (Carvalho *et al.*, 2009), desequilíbrio hidrológico das principais bacias hidrográficas (Lima *et al.*, 2008) e principalmente a classificação do bioma num todo em um hotspots da biodiversidade no planeta, onde isto se deve que é uma área com nível de altíssima ameaça de perdas ambientais irreparáveis (Myers *et al.*, 2000). O Cerrado brasileiro possui papel importante para a economia, principalmente pela produção agropecuária, onde tem reconhecimento internacional como grande produtor de grãos, fibras, biocombustíveis e carne bovina (Mueller; MartaJúnior, 2008; Brasil, 2007; AnualPec, 2012). Desde o início do avanço da fronteira agrícola, nos inícios das décadas de 1970, o Cerrado percebeu rápidas mudanças de uso e ocupação do solo e isso gerou impactos que sensibilizaram a sociedade, bem como impulsionou o governo a criar instrumentos capazes de minimizar e combater os desmatamentos, para contribuir assim com a conservação da biodiversidade. Na figura 1 é possível ter como ilustração as fitofisionomias baseadas no bioma Cerrado.

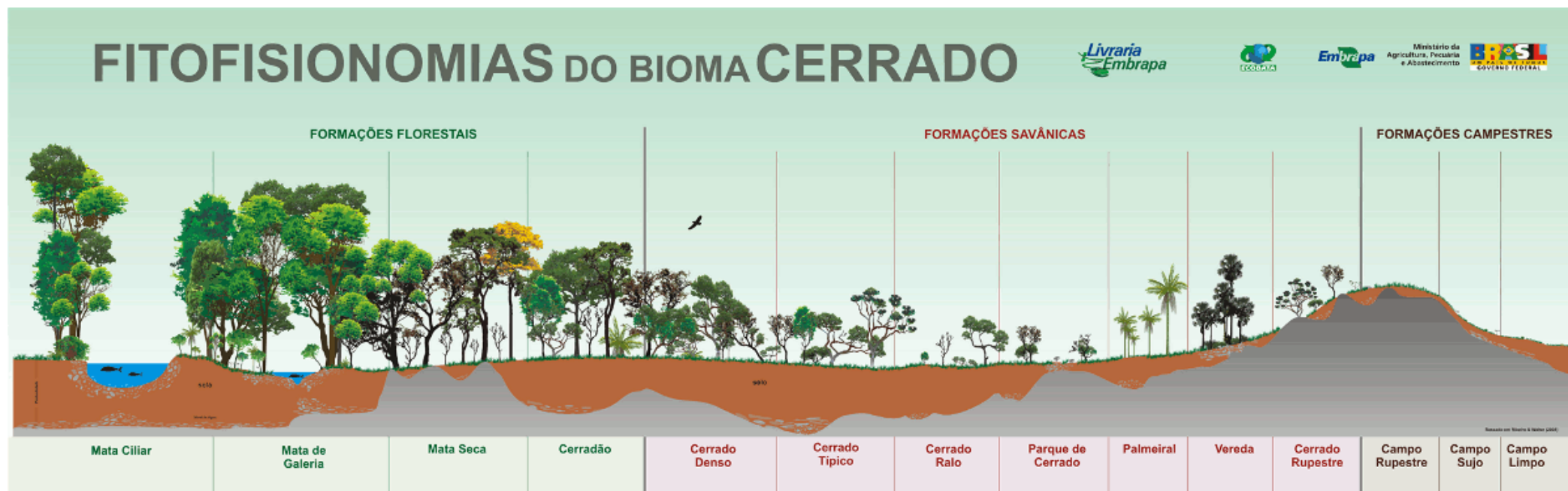


Figura 1: Fitofisionomias das coberturas naturais do bioma Cerrado (*Adaptado* de Embrapa, 2013).

Para entender como é caracterizado o tipo de uso e ocupação natural do solo do Cerrado brasileiro, segue-se a caracterização conforme Ribeiro *et al.*, (1998:103-136) a partir das seguintes formações:

a) Formações florestais

As formações florestais no bioma Cerrado brasileiro fazem parte da predominância de várias espécies que possuem formação de dossel. Nestas categorias encontram-se as Matas Ciliares e as Matas de Galeria que são fisionomias associadas a cursos de água, que podem ocorrer em terrenos drenados e mal drenados. Já a Mata Seca e o Cerradão ocorrem em zonas no intervalo de cursos de água, ou seja, nos interflúvios, mas que possuem terrenos com boa drenagem. No caso específico da Mata de Galeria é que ela possui dois subtipos: não-Inundável e Inundável. A Mata Seca três: Sempre-Verde, Semidecídua e Decídua. O Cerradão, por fim, pode ter sua classificação como Mesotrófico ou Distrófico.

I – Mata Ciliar – é entendida como a vegetação florestal que acompanha os rios de médio e grande proporções da região do Cerrado, em que a vegetação arbórea não forma galerias. É uma mata relativamente estreita em ambas as margens, dificilmente ultrapassa os 10 metros de largura em cada lado. A largura de cada margem tem proporção com a largura do leito do rio e ocorre em terrenos mais acidentados, apesar de haver casos em terrenos planos. Sua composição florística se distingue da Mata de Galeria onde similarmente parece à Mata Seca, onde neste caso, as Matas Ciliares são mais densas. Seus solos podem ser rasos como os Cambissolos, Plintossolos ou Litólicos, profundos como os Latossolos e Podzólicos, ou ainda ser solos Aluviais. São árvores predominantemente eretas, que variam em altura de 20 a 25 metros, onde alguns tantos outros podem atingir 30 metros. São espécies predominantemente caducifólias, com algumas sempre verdes, onde confere à Mata Ciliar um aspecto semidecíduo. Essas árvores fornecem ao longo do ano cobertura variável de 50 a 90%. Na época de maior pluviosidade, este valor chega a 90% e na estiagem chega a 50% em alguns trechos.

II – Mata de Galeria – essa vegetação florestal é a que acompanha os rios de pequeno e córregos dos planaltos do Brasil Central, onde formam corredores fechados (galerias) sobre o curso de água. Essas matas localizam-se geralmente nos

fundos dos vales ou nas cabeceiras de drenagem onde os cursos de água ainda não escavaram um canal definitivo (Ratter *et al.*, 1973; Ribeiro *et al.*, 1983). É uma fisionomia perenifólia, onde não apresenta caducifólia durante a estiagem e quase sempre é circundada por faixas de vegetação não floresta em ambas as margens. Ocorrem transição brusca com formações savânicas e campestres. É quase impercetível quando ocorrem com Matas Ciliares, Matas Secas ou mesmo Cerradões. Possui altura média das árvores entre 20 e 30 metros onde a cobertura varia de 70 a 95%. A humidade é relativamente alta no interior, mesmo nas épocas de estiagem no ano. Os solos são geralmente Cambissolos, Plintossolos, Podzólicos, Hidromórficos ou Aluviais, onde podem ocorrer também em Latossolos semelhantemente aos das áreas de cerrado adjacentes.

III – Mata Seca – são formações florestais que se caracterizam por diversos níveis de caducifólia durante a estação de estiagem., onde dependem das condições químicas, físicas e principalmente da profundidade do solo. A Mata Seca não possui associação com cursos de água e ocorrem nos interflúvios em solos geralmente mais ricos em nutrientes. Encontram-se mais precisamente em solos desenvolvidos em rochas básicas de alta fertilidade (Terra Roxa Estruturada, Brunizém ou Cambissolos), em Latossolos Roxo e Vermelho-Escuro, de média fertilidade. As alturas médias das árvores variam entre 15 e 25 metros onde a maioria das árvores são eretas, com alguns indivíduos emergentes. Na época de alta pluviosidade as copas tocam-se onde fornecem uma cobertura arbórea de 70 a 95%. Na época de estiagem a cobertura pode ser inferior a 50%.

IV – Cerradão – é uma formação florestal com aspetos xeromórficos, onde se conhece pelo nome de “Floresta Xeromorfa” (Rizzini, 1963). Conforme Campos (1943) diz em que “o Cerradão é mata mais rala e fraca”. Sua característica é a presença marcante de espécies que ocorrem no Cerrado sentido restrito e também por espécies de mata. É uma floresta do ponto de vista fisionómico, mas acaba por ser mais similar a um Cerrado. Apresenta um dossel contínuo predominantemente e cobertura arbórea entre 50 e 90%. As alturas médias das árvores ficam em torno de 8 a 15 metros, onde proporcionam luminosidade suficiente para favorecer à formação de estratos arbustivo e herbáceo diferenciados. Os solos são profundos, bem drenados, com média e baixa fertilidade, relativamente ácidos, onde pertencem

às classes dos Latossolos Vermelho-Escuro, Latossolo Vermelho-Amarelo ou Latossolo Roxo. Podem ocorrer também, mas em menor proporção, nos Cambissolos distróficos. A matéria orgânica possui teores médios e recebe incrementos anuais de resíduos orgânicos provenientes da deposição de folhas durante a estação de estiagem.

b) Formações Savânicas

As formações savânicas no Cerrado brasileiro, fazem parte de quatro tipos fitofisionômicos principais: o Cerrado no sentido restrito, o Parque de Cerrado, o Palmeiral e a Vereda. O Cerrado no sentido restrito é caracterizado por presença de estratos arbóreos e arbustivo-herbáceo definidos, com as árvores que se distribuem aleatoriamente sobre as dimensões do terreno em diferentes densidades. O Parque de Cerrado existe a ocorrência de árvores onde é concentrada em locais mais específicos do terreno. O Palmeiral ocorre tanto nas áreas com boa drenagem como em mal drenagem e há uma presença considerável de espécies de palmeira arbórea. Por fim, a Vereda é caracterizada pela presença de uma única espécie de palmeira, por exemplo o buriti, onde esta também ocorre em menor frequência que um Palmeiral. A Vereda por si só é circundada por um estrato arbustivo herbáceo característico. Conforme a estrutura arbóreo-arbustiva, o Cerrado brasileiro no sentido restrito apresenta quatro subtipos principais: Cerrado Denso, Cerrado Típico, Cerrado Ralo e Cerrado Rupestre.

I – Cerrado sentido restrito – é caracterizado pela presença de baixas árvores, inclinadas, troncos tortuosos, ramificações irregulares e retorcidas, geralmente com evidências de terem sido ardidas. Os arbustos e subarbustos são encontrados espalhados, com algumas espécies que apresentam órgãos subterrâneos perenes, onde permitem o rebrotamento após terem sido ardidas ou cortadas. Na época de alta pluviosidade, os estratos subarbustivos e herbáceos tornam-se exuberantes devido ao seu crescimento de forma rápida. As plantas possuem troncos lenhosos e cascas com cortiça grossa, fendida ou sulcada. As folhas em geral são rígidas e coriáceas. Possuem raízes profundas onde se sustentam vivas nas estações de alta estiagem (Ferri, 1974). A maioria dos solos de vegetação do Cerrado sentido restrito são das classes Latossolo Vermelho-Escuro, Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Roxo. Estes solos possuem boas características físicas, mas são bastante fortes e moderadamente ácidos, onde possuem carência relativamente alta de

nutrientes essenciais, principalmente fósforo e nitrogênio. Há um baixo teor de matéria orgânica e essa mesma fitofisionomia pode ocorrer em Cambissolos, Areias Quartzonas, Litossolos Pétricos ou Solos Hidromórficos, entretanto, se houver a retirada da cobertura vegetal, a zona fica suscetível a processos erosivos.

II – Parque do Cerrado – esta é uma formação savânica que se caracteriza pela presença de árvores agrupadas em pequenas elevações do terreno. Essas árvores possuem altura média de três a seis metros e formam uma cobertura arbórea entre 5% a 20%. Seus solos são principalmente Hidromórficos.

III – Palmeiral – formação savânica que tem como característica a presença de uma única espécie de palmeira arbórea que denomina o seu próprio nome. Esta é uma fitofisionomia onde não existem praticamente árvores dicotiledóneas, embora estas podem ocorrer em baixas frequências. Encontram-se em solos bem drenados e interflúvios.

IV – Vereda – é a fitofisionomia circundadas por Campo Limpo, geralmente húmido. Possui fitofisionomia com a palmeira arbórea *Mauritia flexuosa* emergente, em meio a agrupamentos mais ou menos densos de espécies arbustivo-herbáceas. Sua maior incidência está em solos Hidromórficos, saturados durante a maior parte do ano. Ocupam também vales ou áreas planas acompanhando alguma linha de drenagem mal definidas, onde também não possuem murundus. Estão próximas de nascentes ou na borda de Matas de Galeria. Sua ocorrência condiciona-se ao afloramento do lençol freático, decorrente de camadas de permeabilidade diferentes em áreas sedimentares do Cretáceo e Triássico (Azevedo, 1966). Exercem papel fundamental na manutenção da fauna do Cerrado, onde funciona e condiciona como local de pouso para a avifauna, refúgio, abrigo, fonte de alimentação e reprodução também da fauna terrestre e aquática (Carvalho, 1991).

c) Formações campestres

O Cerrado brasileiro possui as formações campestres onde estas englobam três tipos principais de fitofisionomias: Campo Sujo, Campo Rupestre e o Campo Limpo. O Campo Sujo é caracterizado por presença constante de arbustos e subarbustos que estão entremeados no estrato herbáceo. O Campo Rupestre possui uma estrutura similar ao Campo Sujo, entretanto, este diferencia-se no substrato onde é composto por afloramento rochoso e na composição florística, que inclui neste caso os

endemismos. Já no Campo Limpo a presença de arbustos e subarbusto é insignificante.

I – Campo Sujo – é um tipo com fisionomia exclusiva herbáceo-arbustiva, onde os arbustos e subarbustos esparsos das plantas, muitas vezes, são constituídas por indivíduos menos desenvolvidos das espécies arbóreas do Cerrado sentido restrito. É encontrada sua fisionomia em solos rasos como os Litólicos, Cambissolos ou Plintossolos Pétricos, eventualmente com pequenos afloramentos rochosos de pouca extensão, ou ainda em solos profundos e de baixa fertilidade como os Latossolos de textura média, e as Areias Quartzosas.

II – Campo Rupestre - um tipo com fitofisionomia predominantemente herbáceo-arbustivo, com presença eventualmente de arvoretas pouco desenvolvidas e altura de até dois metros. Este tipo de campo abrange um complexo de vegetação que agrupa paisagens em microrrelevos com espécies típicas, onde ocupam trechos de afloramentos rochosos. Geralmente ocorrem em altitudes superiores a 900 metros, em áreas onde há ventos constantes, dias quentes e noites frias. Ocorrem geralmente em solos litólicos ou nas frestas dos afloramentos. São solos ácidos, pobres em nutrientes. A disponibilidade de água é restrita, porque as águas pluviais escoam rapidamente para os rios, devidos à pouca profundidade e reduzida capacidade de retenção pelo solo (Sendulski & Burman, 1978).

III – Campo Limpo – possui fitofisionomia predominantemente herbácea, com raros arbustos e ausência completa de árvores. Pode ser encontrado em diversas posições topográficas, com diferentes variações no grau de humidade, profundidade e fertilidade do solo. É encontrado com bastante frequência nas encostas, chapadas, olhos de água, onde circundam Veredas e borda de Matas de Galeria, em solos Litólicos, Litossolos, Cambissolos ou Plintossolos Pétricos.

2.2.2 Aspetos gerais do uso e ocupação do solo no Cerrado

O governo brasileiro, em meados do início da década de 1970 criou e implementou o Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (Polocentro), executado entre 1974 e 1979, e seu foco principal seria o desenvolvimento agropecuário no Cerrado, a partir da base em oferta de crédito e implantação de infraestrutura por parte do Estado (Silva, 2013). No início da década de 1970 a iniciativa privada brasileira e japonesa vincularam-se ao Estado brasileiro e japonês para a criação do Programa de

Cooperação Nipo-brasileira para o desenvolvimento do Cerrado (Proceder), isso foi implantado em três fases, a primeira em 1979, a segunda em 1985 e a terceira em 1995, onde ainda se encontra em execução (Silva, 2013). Todas essas ações visavam simplesmente o avanço da fronteira agrícola, para ocupação do Cerrado para a agropecuária. As primeiras colônias de agricultores compunham de sulistas, onde estes mesmos, tornaram-se disseminadores da produção moderna da agricultura para o Cerrado e isso foi imposto aos pequenos agricultores e suas propriedades. Onde também houve pressão para o aumento dos latifúndios e da alta e mecanizada produção agrícola (Silva, 2013).

Esse processo de ocupação desde a década de 1970, juntado à fundação de Brasília e ao crescimento de cidades como Goiânia, Cuiabá e Campo Grande, proporcionou ao Cerrado a perda de aproximadamente 50% de sua vegetação natural e uma fragmentação de grande parte de seus remanescentes (Sano *et al.*, 2010). Essas consequentes mudanças de uso de cobertura do solo no Cerrado têm trazido ações nos mais diversos meios da sociedade e a implementação do Estado em gestão de monitorização, para minimizar os efeitos degradantes ao meio ambiente e à biodiversidade (Brasil, 1999). Diante de todos os fatos desse aumento das mudanças de uso e cobertura do solo e transformação da paisagem natural e social do Cerrado, estudos se tornaram cada vez mais frequentes e essenciais, no detalhamento dessa dinâmica.

2.2.3 Monitorização das mudanças da paisagem a partir dos tipos de Usos e Ocupação do solo no Cerrado brasileiro

Existem vários sistemas de classificação do uso e cobertura do solo. Em diversos países são utilizados sistemas diferentes de classificação, dependendo do tipo de uso para cada região.

Cada país ou região do planeta discute e desenvolve sistemas capazes de classificar dados sobre uso e cobertura de suas terras. Neste caso, todas essas técnicas são feitas a partir de imagens de detecção remota e foto-interpretação. Entretanto, todas essas interpretações deverão ser levadas em conta as especificidades de cada país, as resoluções espaciais de cada satélite, tipos de sensores, resolução espectral, radiométrica, espectral, temporal, etc. As classes e escalas também são adaptadas aos mais diversos biomas, contextos e realidades de cada região. Portanto, para o mapeamento de uso e ocupação do solo, poderiam seguir metodologias semelhantes, mas com aplicação diferenciada, ao levar em conta a realidade de cada país ou região (Rosa, 2003).

No contexto de Cerrado brasileiro podemos citar alguns exemplos de mapeamento de uso e ocupação do solo em grande escala: Probio e TerraClass Cerrado, (Silva, 2013).

2.2.4 TerraClass Cerrado

Diante do cenário em que o Cerrado tenha sido ocupado por populações humanas desde meados de 12.000 anos (Barbosa; Shumitz, 2008), as atividades econômicas, como práticas intensiva e extensiva, tanto de agropecuária, quanto da pastagem no ambiente natural ocorreram recentemente. A partir de então o Cerrado percebeu um ritmo intenso de desmatamentos, onde ocasionou-se diversos impactos ambientais, como redução e fragmentação dos ecossistemas (Machado, 2004; Carvalho *et al.*, 2009) e manipulação do equilíbrio hidrológico das mais importantes bacias hidrográficas do continente Sul Americano (Lima *et al.*, 2008). Em função dessa dinâmica de ocupação, num espaço relativamente curto de tempo, o Cerrado brasileiro foi classificado como hotspots da biodiversidade mundial, uma área sob forte ameaça de danos ambientais irreparáveis (Myers *et al.*, 2000). Ao visar a monitorização e a gestão do Cerrado brasileiro, o Governo brasileiro disponibiliza aos gestores, pesquisadores, produtores e população em geral, o mapeamento sistemático do uso e

cobertura do solo, para subsidiar a tomada de decisões e formulação de políticas públicas que visem a ampliação da sustentabilidade dos recursos naturais, paisagem, etc. (INPE, 2013). O mapeamento TerraClass Cerrado possui a escala de 1:250.000, com áreas naturais e antrópicas do bioma, ano base de 2013. A produção do TerraClass se baseou em diversos órgãos públicos que atuam em análise espacial e duas universidades participantes, onde foram divididos os trabalhos de processamento e segmentação de imagens, mapeamento e validação final do mapeamento. Segue os conceitos das nomenclaturas usadas para o mapeamento TerraClass Cerrado 2013:

1. Área Natural: essa classe foi considerada a variante das fitofisionomias de vegetação natural típicas do bioma Cerrado brasileiro. Desde as formações florestais, campestres e savânicas, todas foram incluídas nesta classe de forma a especificar as coberturas naturais classificadas para o bioma;
2. Agricultura Anual: essa classe foi considerada para apresentar o comportamento temporal típico da agricultura anual, onde há sempre o replantio e as mudanças de características texturais dos polígonos no decorrer dos anos;
3. Agricultura Perene: nesta classe foram consideradas as plantações de pomares, como culturas de café, cana-de-açúcar, seringueiras onde o comportamento das plantações deriva-se de colheitas sucessivas, sem a necessidade de novos plantios;
4. Silvicultura: são plantações de um único tipo de formação florestal ou vegetal, com espaçamento regular e o mais comum caso no bioma Cerrado é o eucalipto;
5. Pastagem: as pastagens no Cerrado brasileiro podem ser naturais ou plantadas, mas ambas são bastante comuns nesta área para o pastoreio do gado e de outros animais e também para a transição de formações naturais para agricultura mecanizada;
6. Área Urbana: as áreas urbanas são consideradas as manchas urbanas, edificadas com predominância de construções, mas também locais onde se concentram populações humanas, como vilas, aldeias e vilarejos;

7. Mineração: são classes de extração de minérios da superfície terrestre, com afloramento de rochas e áreas de exposição;
8. Mosaico de Ocupações: na classe de mosaico de ocupações são determinadas uma mistura de várias ocupações dentro de uma só classe, desde áreas naturais, antrópicas, mineração, etc;
9. Solo Exposto: são áreas sem ocupação antrópica, natural ou simplesmente não possuem algum indício de uso para agricultura, pastagens ou outras ocupações;
10. Outros: são áreas onde não teria como serem classificadas nas classes de urbano ou agricultura, como exemplo aeroportos, trechos de estradas, edificações rurais, etc.

2.2.5 Corine Land Cover

Entre os anos de 1985 e 1990, a Comissão Europeia implementou o Corine Programme (Coordination of Information on the Environment). Durante este período de tempo, também foram criadas as nomenclaturas e metodologias para serem aplicadas e desenvolvidas a partir do consentimento a nível da União Europeia. As imagens de satélite são a principal fonte de dados para analisar o uso e cobertura do solo, onde são visualizadas e interpretadas por superposições estereoscópicas na escala de 1:100.000. O primeiro projeto do CLC, datado no ano de 1990 foi implementado no ano 1986 e em 10 países membros da União Europeia. Após dez anos, foi seguida a implementação, pela Agência Europeia Ambiental (EEA) o CLC 2000. O CLC2000 faria a interpretação e deteção das mudanças de uso e ocupação do solo entre 1990 e 2000, neste caso, usaria a base de dados do CLC1990, imagens de 1990 e imagens de 2000. A última versão do CLC foi em 2018. Em Portugal, a Direção Geral do Território - DGT é a responsável pela implementação deste trabalho. Os mapas do CLC são produzidos em formato vetorial, analisados a partir de fotointerpretação com imagens de satélite Sentinel 2 e outras ferramentas disponíveis, como *Street View* do *Google Earth*. A Unidade Mínima Cartografada para os polígonos é de 25 hectares e há a exigência de uma distância mínima de 100 metros entre linhas, onde encontra-se num nível de hierarquia de 5 tipos de mega classes principais, três níveis de especificações e vinte e oito classes de nível mais desagregado no terceiro nível.

2.2.6 Uso das nomenclaturas do CLC para o TerraClass Cerrado

De acordo com Caetano (2008) as nomenclaturas adaptadas para o mapeamento de uso e ocupação do solo, padrão CLC é uma constituição de sistemas de hierarquização das classes de uso e ocupação do solo, com cinco tipos de mega classes principais e três níveis de atribuição. Sua principal definição estabelece as cinco grandes mega classes de forma heterogênea no que respeita ao detalhe de grandes classes de uso e ocupação do solo, por exemplo suas divisões se estabelecem em Territórios artificializados, Áreas agrícolas, Áreas florestais e espaços naturais e seminaturais, Zonas húmidas e Corpos de água. Dessas cinco classes principais, que podem ser padronizadas para qualquer ambiente, bioma, espaço distinto no planeta, subdivide-se as classes adaptadas ao perfil distinto de cada espaço onde pretende mapear. No caso deste trabalho, o Cerrado brasileiro tem como recorte de estudo o município de Cristalina-Goiás, Brasil, onde as classes foram subdivididas levando em conta as características da região em questão. A partir de características baseadas nas fitofisnomias naturais do Cerrado brasileiro e do uso e ocupação da região, segue-se a adaptação das nomenclaturas do CLC para o mapeamento do município de Cristalina:

111 – Tecido Urbano contínuo: essa classe é utilizada quando uma mancha urbana possui continuidade igual ou superior a 80% do polígono verificado. Entende-se como mancha urbana área edificada, pavimentada e impermeabilizada;

112 – Tecido urbano descontínuo: o tecido urbano descontínuo é caracterizado quando uma mancha urbana possui dentro do polígono, uma continuidade entre 30 e 80% de cobertura;

121 – Indústria, comércio e equipamentos em geral: essa classe é caracterizada em grandes edificações e estruturas de superfícies artificiais, com concreto, asfalto e terra batida. Podem conter algumas pequenas porções de vegetação, mas são utilizadas especificamente para indústrias, grandes galpões comerciais e grandes estruturas para atendimento e fornecimento de atendimento público, exemplo: usinas de fornecimento de energia elétrica;

122 – Redes viárias e ferroviárias e espaços associados: essa classe designa a

estradas de veículos automotores e linhas de redes ferroviárias. Desde que o espaço entre os polígonos seja mínimo de 100 metros, todas essas classes serão classificadas como 122. Áreas de parques de estacionamento também são incluídas nestas classes;

123 – Aeroportos e aeródromos: classes designadas aos espaços de aeroportos e aeródromos dentro de áreas urbanas ou áreas naturais;

131 – Áreas de extração de inertes: áreas onde há a extração de minerais como usinas e pedreiras;

132 – Áreas de deposição de resíduos: classes onde há a deposição de resíduos sólidos de uso residencial e industrial. Exemplo: aterros sanitários;

133 – Áreas em construção: são áreas, principalmente dentro de perímetros urbanos, onde há construção de edificações, casas, estradas, grandes estruturas, etc.;

141 – Espaços verdes urbanos: são espaços dentro de áreas urbanas artificializadas, onde estão com verde e abertas ao público;

142 - Equipamentos desportivos, culturais e de lazer, e locais históricos: classe designada para áreas onde há práticas de lazer e recreação, desporto, campos de futebol, áreas para atividades culturais, folclóricas e históricas e geralmente estão localizadas dentro das áreas artificializadas e perímetros urbanos;

211 – Cultura temporária: áreas onde há agricultura temporária, anual e não permanente. Áreas onde há irrigações e não irrigações como pivôs centrais e sequeiros. Geralmente estão associadas aos cultivos de soja, milho e algodão na região do Cerrado brasileiro;

221 – Pomares: os pomares fazem parte da agricultura perene e permanente associadas ao uso e ocupação do solo no Cerrado. São culturas em que não há interrupção anual ou sazonal e, portanto, se mantém durante muitos anos.

231 – Pastagens permanentes: as classes de pastagens são denominadas aquelas onde as pastagens são naturais, onde já se encontram nesta condição mais de cinco anos ou criadas pelas atividades antrópicas para o pastoreio do gado bovino ou transição de áreas naturais para agricultura;

241 - Culturas temporárias associadas a pequenos agricultores: são culturas temporárias, com texturas padronizadas e unitárias dentro de um polígono, associadas às culturas de subsistência;

242 - Sistemas culturais e parcelares complexos: nestas classes, há várias culturas de agricultura dentro de um mesmo polígono. Geralmente são parcelas de culturas de tamanho menor que o mínimo de UMC, onde estão associados uns aos outros;

243 - Agricultura com espaços naturais e semi-naturais: classes onde há várias culturas com tamanho menor que uma UMC, onde estão associadas às áreas naturais, como florestas, campos e formações savânicas;

311 – Matas Ciliares: matas que circunvizinham às redes fluviais, lagos, lagoas e onde possam ser estabelecidos o espaço mínimo de 100 metros entre os polígonos;

312 – Matas de Galeria: as matas de galeria são matas específicas do bioma Cerrado, onde fazem também a margem de rios, mas com característica mais densa e podem alargar para o interior do interflúvio. Podem também fazer parte da transição entre as matas ciliares e outras formações vegetais naturais;

313 – Matas Secas: são as formações vegetais naturais específicos do Cerrado, as quais possuem árvores de diversos tamanhos, mas espaçadas entre elas e onde não dependem de plano de água. Geralmente encontram-se nos interflúvios e dependem muito das condições climáticas, em que na estiagem sofrem perda de folhas e nas épocas de muitas chuvas, se regeneram;

314 – Cerradão: o cerradão é considerado o tipo de floresta natural específica de Cerrado, onde é mais ralo e espaçada as formações vegetais entre si. Podem também ser confundido com algumas pastagens;

321 – Formações Savânicas: as formações savânicas são caracterizadas como típica dos Cerrados brasileiro. São formações com tipos de vegetação ralo, com algumas árvores de médio porte, caracterizada como caducifólia;

322 – Formações Campestres: nas classes de formações campestres é caracterizado como formações vegetais rasteiras e com variações de cores e

estratos;

331 - Praias, dunas e areais: são áreas onde possuem proximidades com rios e lagos, areia exposta e principalmente onde há falta de vegetação;

332 - Rocha nua/aflorada: classes onde a rocha nua está aflorada na superfície. Se houver UMC mínima, deve ser classificada;

333 – Áreas queimadas: são as classes onde houve algum incêndio, ardendo então, as formações florestais, savânicas e campestres;

411 – Áreas pantanosas: são classes onde possui incidência de água encharcada durante todo o ano. Depressões próxima a cursos de água com vegetação.

511 – Cursos de água: são os rios de grande, médio e pequeno porte e ligações de água entre lagos;

512 – Planos de água: são representações de lagos, lagos, açudes, represas, etc.

3 ÁREA DE ESTUDO

3.1 Localização no Brasil da Área de Estudo

A área de estudo aplicada a esta dissertação (figura 2) localiza-se no estado de Goiás, região Centro-Oeste brasileira e totalmente incluída dentro do bioma Cerrado.

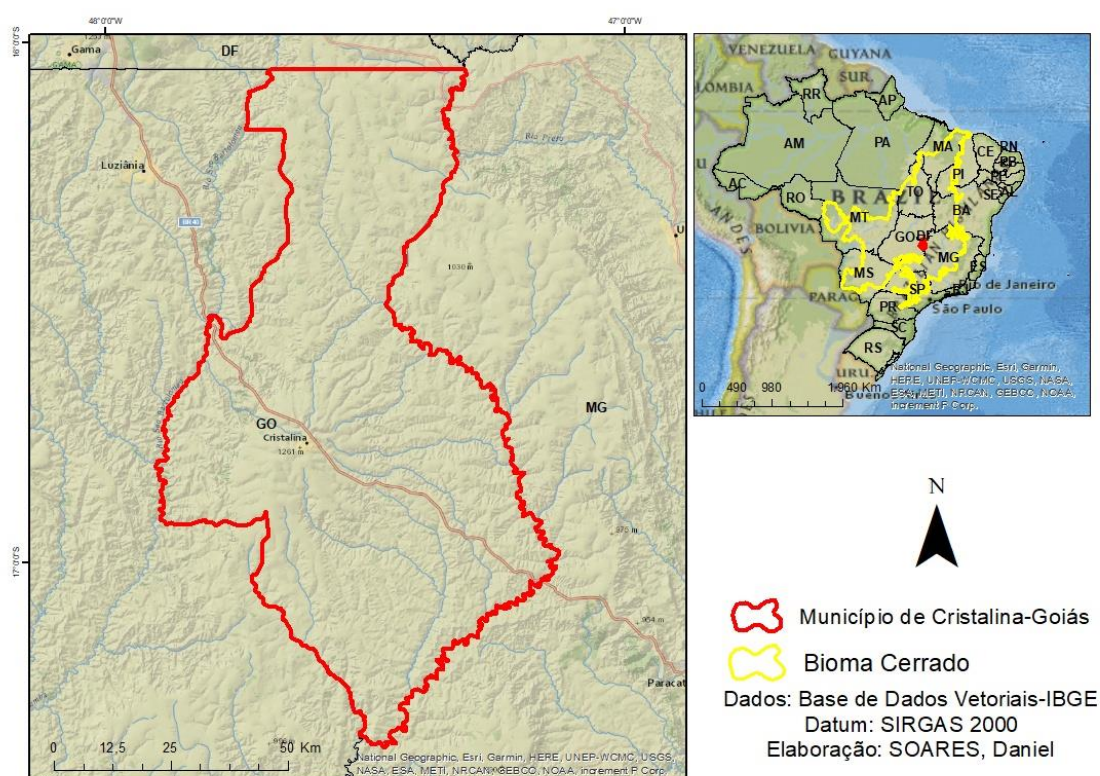


Figura 2: Mapa de Localização Geográfica da Área de Estudo




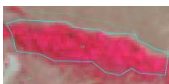



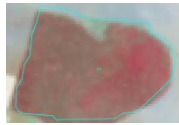


Situa-se também a sul do Distrito Federal, onde localiza-se Brasília, capital federal brasileira, entre as coordenadas geográficas de $16^{\circ} 02' 58''$ e $16^{\circ} 47' 41''$ S e longitude de $47^{\circ} 20' 29''$ e $47^{\circ} 40' 12''$ W. Faz divisa com o estado de Minas Gerais a leste, a norte com o Distrito Federal, a oeste município de Cidade Ocidental e Luziânia e a sul município de Ipameri e possui uma dimensão de 6.160,722 km² de área territorial (IBGE, 2005).

3.2 Características naturais e climáticas de Cristalina

Na área de estudo, segundo a classificação internacional do clima proposta por

Köppen, há predominância de representação da região dos cerrados e a classificação é do tipo tropical quente sub-húmido (Aw). Neste caso, as estações do ano serão definidas entre si, onde uma será seca e chamada de estiagem, onde corresponde ao período outono-inverno (abril a outubro) e outra com altos índices de pluviosidade e húmida, na época do verão, com chuvas com grande força e impactos. A média da temperatura é de 23° C onde varia de 5° C menores nos meses mais frios e maiores nos meses quentes. Há certa frequência de frentes polares onde levam as friagens na região no inverno (Dias, 1992).

Na região a cobertura vegetal natural é apresentada com fitofisionomias do Cerrado natural brasileiro, por formações florestais, savânicas e campestres. As fitofisionomias do Cerrado brasileiro são comparadas com savana lenhosa africana, com pequenas árvores tortuosas, espaçadas, onde se localizam sobre denso revestimento de gramíneas e subarbustos (Rizzini, 1964). Na tabela 1 vemos alguns dos exemplos das fitofisionomias naturais do Cerrado encontradas no município de Cristalina – Goiás e suas características texturais no satélite Sentinel 2 2018.

Formações florestais	Descrição	Imagem	Imagem de satélite
Mata Ciliar	As matas ciliares são as vegetações que se encontram próximas aos cursos de água, desde rios, riachos, lagos e lagoas.		
Mata Galeria	São as matas que se projectam na paisagem em transição das matas ciliares e outros tipos de vegetação como outras formações florestais, savânicas e campestres.		
Mata Seca	São tipos de florestas em que a estação seca demarca suas características. Perdem folhas na estiagem e ficam bastantes secas em situação de aparente abandono.		
Cerradão	É uma característica de formação vegetal típica do cerrado, onde árvores alcançam pequeno porte e podem ser misturadas com matas de galerias e matas secas.		
Formações savânicas	Descrição	Imagem	Ilustração
Cerrado sentido restrito, Parque do Cerrado, Palmeiral e Vereda	Formações vegetais específicas do Cerrado brasileiro, onde os estratos vegetais são formados por vegetação arbórea descontínuas.		


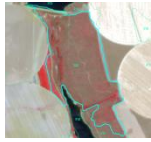
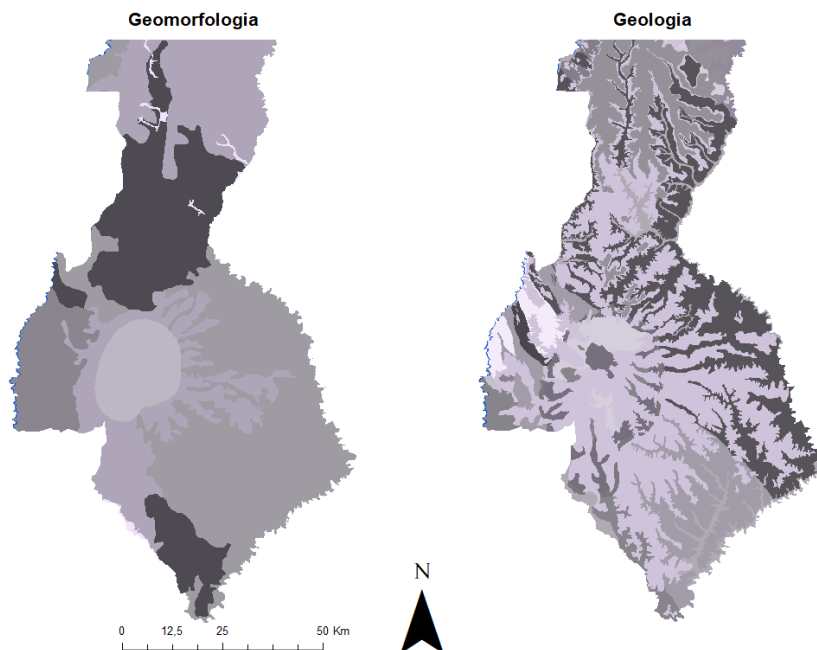
Formações campestres	Descrição	Imagem	Ilustração
Campo Sujo, Campo Rupestre e Campo Limpo	São as paisagens naturais do Cerrado, com vegetação predominantemente rasteiras formadas por matos, gramíneas e arbustos de pequeno porte.		

Tabela 1: Classes de uso e cobertura do solo para formações vegetais e fitofisionomias típicas do Cerrado Brasileiro (Ribeiro et al., 1983). Satélite Sentinel 2 ano 2018 RGB (B4-vermelho, B3-verde e B2-azul).

3.3 Geologia e Geomorfologia de Cristalina

A zona do município está sobre uma área onde constitui unidades geotectônicas da Faixa Brasília, aos quais pertencem à Formação Paracatu – Grupo Canastra, conforme é mostrado na figura 3. Essa litologia está a ser representada por filito carbonoso, quartzito, metassiltito. Em níveis mais elevados do terreno, encontra-se a Formação Jequitie – Grupo Banbuí, onde a litologia de diamictito e formações superficiais são representadas por Latossolos e cascalhos de idade Terciária/Quaternária-TQdl (UFV/SEPLAN, 2004).

Há presença de formas denudacionais, onde caracteriza a geomorfologia do município. Neste caso, são destacadas as superfícies regionais de aplainamento – SRAII e Zonas de Erosão Recuante – ZER. A SRAII possui sua forma aplainada onde por ser unidade denudacional de cotas, sua área de pesquisa está entre 960 a 1260 metros. O aplainamento decorreu por controles geológicos regionais/litológicos e estruturas, de forma relativamente independentes. Já os ZER as SRA estão em situação de delimitação por escarpas de erosão (Latrubesse, 2005).



Geomorfologia

LEGENDA

- DM-BF(fr) - Estrutura Domica com dissecacao fraca, associada a Bloco Falhado
- FA - Faixa Aluvial
- Massa d'agua
- SRAIIA(fr) - Superficie Regional de Aplainamento IIA com cotas entre 900 e 1100 m, com dissecacao fraca, desenvolvida sobre rochas pre-cambrianas
- SRAIIA(m) - Superficie Regional de Aplainamento IIA com cotas entre 900 e 1100 m, com dissecacao media, desenvolvida sobre rochas pre-cambrianas
- ZER-SRAIIIA/IIA(fo) - Zona de Erosao Recuante com dissecacao forte, relacionada a geracao da SRAIIIA e erosionando dominantemente a SRAIIA
- ZER/IIA(fo) - Zona de Erosao Recuante com dissecacao forte, erosionando dominantemente a SRAIIA
- ZER/IIA(m) - Zona de Erosao Recuante com dissecacao media, erosionando dominantemente a SRAIIA

Geologia

LEGENDA

- MPcp - Grupo Canastra - Formação Chapada dos Pilões
- MPcp1 - Grupo Canastra - Formação Chapada dos Pilões - Litofácies 1
- MPcp2 - Grupo Canastra - Formação Chapada dos Pilões - Litofácies 2
- MPcp2qt - Grupo Canastra - Formação Chapada dos Pilões - Litofácies 2 - Fácies Quartzit
- MPcpqt - Grupo Canastra - Formação Chapada dos Pilões - Litofácies Quartzito
- MPp - Grupo Canastra - Formação Paracatu
- MPpa3 - Grupo Paranoá - Unidade 3, Ritmica Quartzítica Intermediária
- MPpa4 - Grupo Paranoá - Unidade 4, Ritmica Pelito-carbonatada
- MPsl - Grupo Canastra - Formação Serra do Landim
- Massa de agua
- N1dl - Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas
- NP2bp - Grupo Bambuí - Subgrupo Paraopeba
- NP2ss - Grupo Bambuí - Subgrupo Paraopebá - Formação Serra da Saudade
- NPrv - Grupo Ibiá - Formação Rio Verde
- NPto - Grupo Ibiá - Formação Topázios
- Q2a - Depósitos aluvionares
- Qdi - Unidade Coberturas detriticas indiferenciadas

Figura 3: Geologia e Geomorfologia da área de estudo. Fonte: (IBGE, 2015).

3.4 Agricultura, Pastagens e Regadios/Pivôs Centrais

A zona da área de estudo, juntamente com a legenda é constituída por predomínio de agricultura, pastagens e cobertura natural vegetal do Cerrado brasileiro. Até a década de 1980, essa percentagem era apresentada sob o predomínio de em torno de 61,66% de fitofisionomias do Cerrado e 10,72% de atividades agropecuárias. Pastagens para criação de gados são bastante generalizados neste município, entretanto, com o avanço da fronteira agrícola a partir da década de 1970 que passou a ocupar a região do bioma Cerrado brasileiro, a agricultura tem tomado conta do uso e ocupação do solo no município de Cristalina. O município de Cristalina tem destacado entre outros tantos municípios brasileiros no que tange ao setor agropecuário, isso se deve ao fato da agricultura especializada na irrigação em que atualmente possui em torno de 600 regadios/pivôs centrais espalhados por todo o município, a irrigar uma área de 50 mil hectares (Quirino *et al.*, 2011). Os regadios/pivôs centrais por exemplo, aumentaram sensivelmente, em torno de 245% num período de uma década e o município sofreu uma forte alteração da paisagem, no que se refere ao uso e ocupação do solo (Barbalho *et al.*, 2006). A irrigação potencializa a pressão por água nos lençóis freáticos e aquíferos, uso dos canais hídricos, desmatamento para plantação de insumos e desordenamento para a biodiversidade local. Esse modelo econômico vigente tem trazido forte impactos e degradação ambiental, bem como desorganização social em relação ao uso e ocupação do solo do município (Bessa, 2006).

3.5 Classificação e produto final do TerraClass Cerrado 2013

O mapeamento TerraClass Cerrado 2013 foi publicado em 2014, conforme figura 4 e disponibilizado à sociedade de forma livre e completa onde são indicadas as classes e a partir da legenda com suas classes para a verificação da ocupação do solo até aquele ano. Na tabela 2 vemos as áreas de todo o Cerrado por km² e a percentagem dos seus usos por classes dentro de todo o bioma.

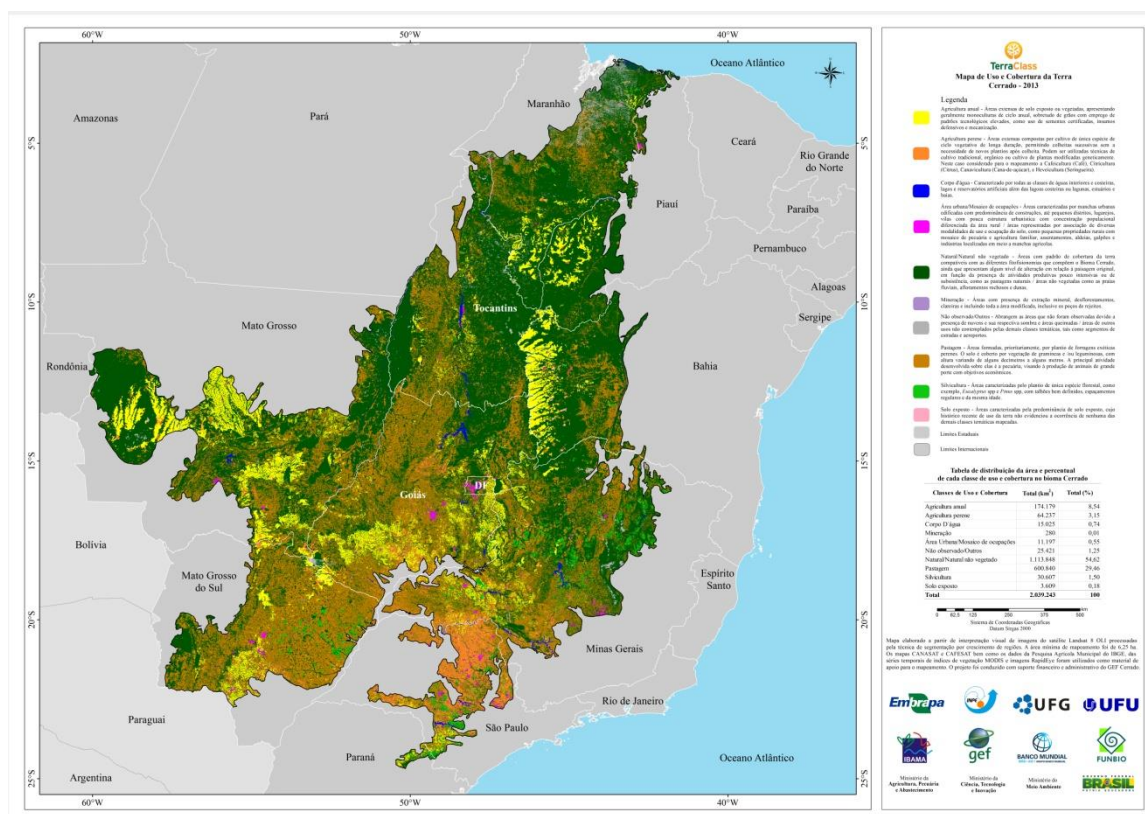


Figura 4: Mapa de uso e ocupação do solo do TerraClass Cerrado 2013. Fonte (INPE, 2014).

Classes	Área (Km²)	%
Agricultura Anual	174006	8.53%
Agricultura Perene	64512	3.16%
Mineração	247	0.01%
Mosaico de Ocupações	2326	0.11%
Pastagem	600832	29.46%
Silvicultura	30525	1.50%
Solo Exposto	3621	0.18%
Urbano	8797	0.43%
Outros	73	0.00%
Natural Florestal e não florestal	1113699	54.62%

Tabela 2: Áreas por km² dividido por classes e percentagens do TerraClass Cerrado 2013 em relação a todo o território do Cerrado. Fonte (INPE, 2014).

4 METODOLOGIA

4.1 Materiais utilizados para a Análise

Para alcançar os objetivos propostos no trabalho, utilizou-se imagens de satélite de média e alta resolução espacial e verificou-se as alterações ocorridas entre os anos de 2013 e 2018. Foram utilizadas quatro imagens de satélite Landsat 8 OLI, órbitas/ponto 220/71, 220/72, 221/71 e 221/72: datadas em agosto de 2013 e oito imagens de satélite Sentinel 2, datadas em agosto de 2018. Na tabela 2 vemos o resumo dos dados utilizados.

Foi utilizada também a base de dados do TerraClass Cerrado 2013, obtidas de forma livre a partir do sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (<http://www.dpi.inpe.br/tccerrado/download.php>) para a adaptação da outra base CLC. A projeção utilizada em todos os dados foi o SIRGAS 2000.

DADOS	FORMATO	ANO DE PRODUÇÃO	ESCALA/RESOLUÇÃO	FONTE
Base de dados Uso e Cobertura TerraClass Cerrado	Vetorial	2013	1:250 000	INPE
Landsat 8 OLI	Raster	2013	30 m	USGS
Sentinel 2	Raster	2018	10 m	COPERNICUS
Metodologia CLC	Texto	2018	-	COPERNICUS

Tabela 3: Dados utilizados para a realização da metodologia

4.2 Método para concretização do trabalho

A figura 6 ilustra o método de concretização deste trabalho.

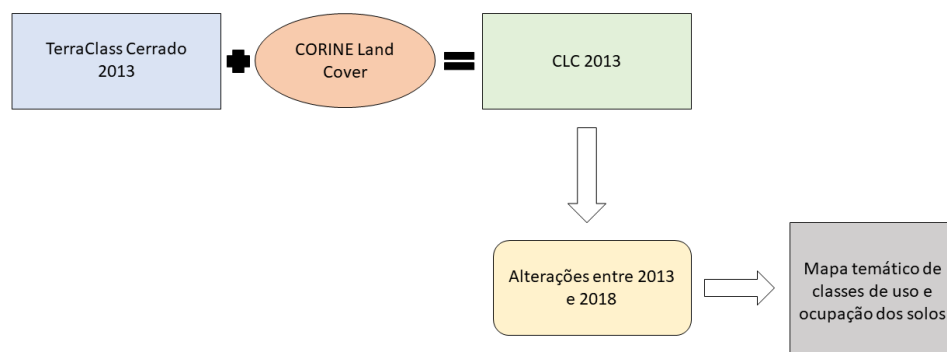


Figura 5: Metodologia para adaptação do TerraClass Cerrado para o CLC.

O primeiro processo foi a adaptação das classes de uso e ocupação do solo da base do TerraClass Cerrado 2013 para a base Corine Land Cover. Utilizou-se a metodologia aplicada ao CLC sobre a base de dados TerraClass Cerrado em que, todas as classes passassem a ter nomenclaturas denominadas por códigos numéricos, assim como acontece com o CLC. Foram associadas as cinco mega classes, com três níveis de caracterização que ao todo são vinte e oito classes. Cada código seria associado a alguma classe de uso e ocupação do solo, por exemplo, para espaços como tecidos urbanos descontínuos é usado o código 112 e para agricultura cultura temporária ou sequeiro/pivôs centrais, o código 211 é o denominado. Foram aplicados os critérios estabelecidos na metodologia CLC em que consiste aplicar uma Unidade Mínima Cartografada (UMC) de 25 hectares para os polígonos existentes na base cartográfica. Neste caso, todos os polígonos menores que essas UMC foram unidas com outros polígonos próximos em que pudesse haver um processo de generalização das classes. Também foi estabelecida a regra de espaçamento de no mínimo 100 metros entre duas linhas. Isso significa que espaçamento de linhas menores que isto seriam editadas.

No processo de adaptação à base, foi feita a classificação de imagens via interpretação/inspeção visual, em que foram inspecionadas todas as classes de amostragem do TerraClass Cerrado, depois renomeadas a partir dos códigos CLC (Anexo 1) e consequentemente após essa adaptação, foi feita a verificação de alterações ocorridas entre os anos de 2013 e 2018 já na base adaptada pelo CLC, a partir de visualizações das imagens de satélite Landsat 8 OLI 2013 e Sentinel 2 2018, como forma de comparação. Essa interpretação/inspeção visual foi feita polígono a polígono. As classes são divididas em cinco temas principais a saber: territórios artificializados, áreas de agricultura e pastagens, vegetação e áreas naturais, áreas húmidas e corpos de água. Com a metodologia aplicada, foram refinados os dados de forma que chegou a uma escala aproximada de 1:100.000.

4.3 Base de dados cartográfica

4.3.1 Base de dados TerraClass Cerrado recorte município de Cristalina - Goiás

A base de dados que foi disponibilizada a partir do sítio na internet

(<http://www.dpi.inpe.br/tccerrado/download.php>) é de todo o bioma Cerrado, entretanto, foi feito o recorte espacial do município de Cristalina – Goiás, para a elaboração deste trabalho. O Cerrado brasileiro possui uma área em aproximadamente 2.039.243 km² que corresponde em torno de 24% de todo o território do país. Uma quantidade de 1.389 municípios estão inseridos neste bioma, bem com o Distrito Federal, a menor Unidade da Federação do país, onde abriga a capital federal (IBGE, 2004). Este bioma possui a segunda maior extensão territorial, superado pela Amazônia, mas possui também características importantes e únicas no contexto geográfico brasileiro, como socioeconômicas, biofísicas e ecossistêmicas. A execução do produto em 2014, foi desenvolvido por diversas instituições públicas brasileiras que trabalhem com a temática análise espacial e duas Universidades. Conforme INPE (2014), para a elaboração do mapeamento TerraClass Cerrado 2013 foram utilizadas 121 cenas do satélite Landsat 8, sensor OLI, que se baseou como fonte de informação para execução do mapeamento do uso e cobertura do solo. Estas imagens foram selecionadas mais precisamente no período de estiagem (meses de maio a outubro) do ano de 2013 e isso se deve ao facto de obter melhores imagens sem ruídos de nuvens. Foi feito processo de segmentação baseado no algoritmo por crescimento de regiões, onde é necessária a definição dos limiares de área mínima e valores de similaridade com unidade mínima cartografada de 6,25 hectares. Este limiar se baseou numa escala de 1:250.000, onde foram feitas as classificações e segmentações no software SPRING, desenvolvido pelo INPE, para geração dos dados em formato *shapefile*. A partir da base de dados compreendida de todo o bioma, foi feito o recorte espacial para a área de estudo, que compreende ao município de Cristalina – Goiás. Após isto iniciou a adaptação para o CLC. A metodologia aplicada ao CLC é diferenciada porque resulta de interpretação/inspeção visual, também o auxílio do processamento automatizado, a exemplo disto, os *NDVI – Normalized Difference Vegetation Index* para identificação de cortes de matos e florestas, sua nomenclatura também possibilita uma maior riqueza de informações e serve para adaptação a qualquer outro tipo de análise para uso e ocupação do solo, e por fim resultados estatísticos resultantes da análise a exatidão temática. Após a exportação dos formatos *shapefile* e correção topológica dos erros, o mapeamento foi interpretado/inspecionado visualmente com classes temáticas divididas em áreas naturais, áreas antrópicas, corpos de água e áreas não observadas.

Todas estas classes levaram em conta as características fitofisionômicas do bioma Cerrado.

A partir do mapeamento TerraClass Cerrado 2013 para o município de Cristalina-Goiás, observa-se que a área de estudo possui em torno de 18% de sua área em cobertura natural. A maior classe de uso é a pastagem 42%, seguida pela agricultura anual 8,5% e silvicultura 6,1%. Essas quatro classes compõem em torno de 74% do total das classes.

4.3.2 Corine Land Cover – CLC

O CLC após ser adaptado ao TerraClass Cerrado, iniciou-se o processo de interpretação/inspeção visual das classes. Atualmente, essa análise visual de imagens é feita no ecrã do computador, o que permitiu de imediato a obtenção de informações digitais. A análise visual de imagens para cartografia temática exige que haja uma definição precisa de normas de interpretação visual e seleção da composição colorida que melhor permita a identificação das informações dos alvos (Perdigão e Annoni, 1997).

Na digitalização dos dados tomou-se em consideração o uso efetivo do solo a partir da análise dos outros tipos de cobertura do solo (incluindo a cobertura vegetal "natural" e a "antropogénica", ou seja, as várias fases de recrescimento na sequência de uma exploração anterior). Todas as classes do TerraClass Cerrado foram adaptadas conforme as regras estabelecidas pelo CLC, neste caso, muitas delas foi feito *merge* com outras menores, para que pudesse estabelecer os parâmetros de UMC do CLC.

4.3.3 Interpretação/inspeção Visual das Classes

Após a adaptação e elaboração de um mapa específico para Cristalina – Goiás, com dados do TerraClass Cerrado, mas adaptado conforme metodologia CLC, iniciou-se o processo de interpretação/inspeção visual das classes ou fotointerpretação. Foram corrigidas todas as classes a partir de fotointerpretação e análise histórica entre 2013 e 2018, levando em conta as imagens de satélite Landsat 8 e Sentinel 2, 2013 e 2018 respetivamente. Na interpretação/inspeção visual, foi usada a combinação 5 (vermelho), 4 (verde) e 3 (azul) correspondentes as bandas do infravermelho das imagens Landsat 8 OLI e combinação 8 (vermelho), 4 (verde) e 3 (azul)

correspondentes a falsa cor das imagens Sentinel 2 com recurso ao software ArcGis 10.6.1 o TerraClass Cerrado adaptado ao CLC e com atribuição das novas nomenclaturas. A partir do ecrã do computador utilizou-se diversas ferramentas de apoio e validação como o *Google Earth* e *Street View*, uma metodologia de aplicação baseada no CLC e principalmente experiência, consistência académica do interpretador para fazer a comparação e interpretação/validação. A interpretação/inspeção visual também se baseia no conceito de definir e identificar as classes a partir das cores, texturas, formas, tonalidades, tamanho, sombras, padrão, adjacências e localização geográfica do polígono interpretado (Moreira, 2003).

4.3.4 Avaliação da Interpretação/inspeção Visual

4.3.4.1 Classificação Visual

Para iniciar o processo de interpretação/inspeção visual para classificação dos usos, o primeiro passo necessário para isto é um treinamento, sem isso torna-se inviável a análise. Foi necessário compreender a metodologia aplicada para o mapeamento CLC e familiarizar com os critérios de observação, bem como o carácter subjetivo. A primeira parte do processo é uma leitura das imagens e das classes, verificação das classes a partir de 2013 pelo satélite Landsat 8 e posteriormente, ler as imagens das classes a partir de 2018 pelo satélite Sentinel 8. É uma correlação entre o objeto observado e o conhecido com um processo mais intuitivo e técnico. Após esta primeira parte, vamos para a segunda parte em que é determinada foto interpretação para o desenvolvimento de processos mentais indutivos e dedutivos a revelar a visão mais imparcial da classe interpretada. Por exemplo, verificar a copa de uma árvore ou delimitação de uma rua para se basear na interpretação e classificar. Por fim a terceira parte, faz-se a interpretação/fotointerpretação propriamente, a utilizar as técnicas metodológicas adequadas ao produto interpretado, que neste caso será a metodologia do mapeamento CLC, bem como a utilização de ferramentas cartográficas aplicadas aos mais diversos tipos de mapeamento, para elaborar as hipóteses interpretativas.

Foram seguidos os seguintes critérios para a interpretação visual das classes adaptadas para o CLC:

1. Forma: ao fazer a adaptação dos polígonos TerraClass Cerrado para o CLC, procurou-se tornar os polígonos em uma geometria o mais simétrica possível. Isto

se deve ao facto de no TerraClass Cerrado não possuir UMC e estabelecimento de espaçamento mínimo de 100 metros entre linhas;

2. Tamanho: o tamanho mínimo de área cartografada é de 25 hectares. Todos os polígonos não podem ser menores que 25 hectares, pelos critérios metodológicos do CLC e pela regra de escala de 1:100.000. Também não é permitido espaço menor que 100 metros entre dois polígonos;
3. Tonalidade: a falsa cor é determinante para o tom de vermelho identificar melhor as vegetações;
4. Textura: a depender da textura do polígono é determinante para classificar o uso e ocupação. Se é lisa ou rugosa, homogénea ou heterogénea e isso identificará muitas feições de agricultura, pastagens, vegetação natural, áreas artificializadas e etc.

4.3.4.2 Alterações entre 2013 e 2018

Finalizada a classificação visual, pela fotointerpretação para a adaptação do TerraClass Cerrado para o CLC, foi possível verificar áreas artificializadas, agriculturas e florestas. Depois deste processo, iniciou-se a análise de algum tipo de alteração ocorrida no decorrer dos cinco anos, principalmente nas classes de maiores usos pela atividade antrópica (áreas artificiais, agrícolas e florestais). Nas alterações foram estabelecidos que a Unidade Mínima Cartografada, pudesse abranger polígonos de no mínimo 25 hectares para a formação de um novo polígono quando houvesse uma alteração e 5 hectares para polígonos que pudesse unir a algum polígono ao lado, com o mesmo código a que seria alterado. Por exemplo, parte de um polígono 231 houve uma alteração de 6 hectares para 221, entretanto, havia um polígono 221 ao lado, foi feita então essa alteração. Caso não houvesse nenhum polígono 221 ao lado, descartaria essa alteração, porque não houvesse tamanho suficiente para se formar um novo polígono, conforme a UMC do CLC que estabelece 25 hectares mínimos. A alteração baseia-se numa mudança de uso e ocupação dentro daquele polígono, em alguma atividade antrópica e que houve total mudança de ocupação no polígono ou parte dele. Posteriormente, ao finalizar todas as alterações no município, foi feito o *merge* dos polígonos entre 5 e 25 hectares e os que foram alterados acima de 25

hectares já se tornaram um novo polígono na própria edição. Finalmente, esse processo foi possível identificar alterações ocorridas e isso aconteceu de forma bastante repetitiva nas pastagens, conforme figuras 6 e 7. Foram utilizadas fontes alternativas de apoio para interpretação das alterações, além das imagens de satélite, como *Google Earth Pro*, *ArcGis Pro*, *Street View*, *Open Street Map*, etc.

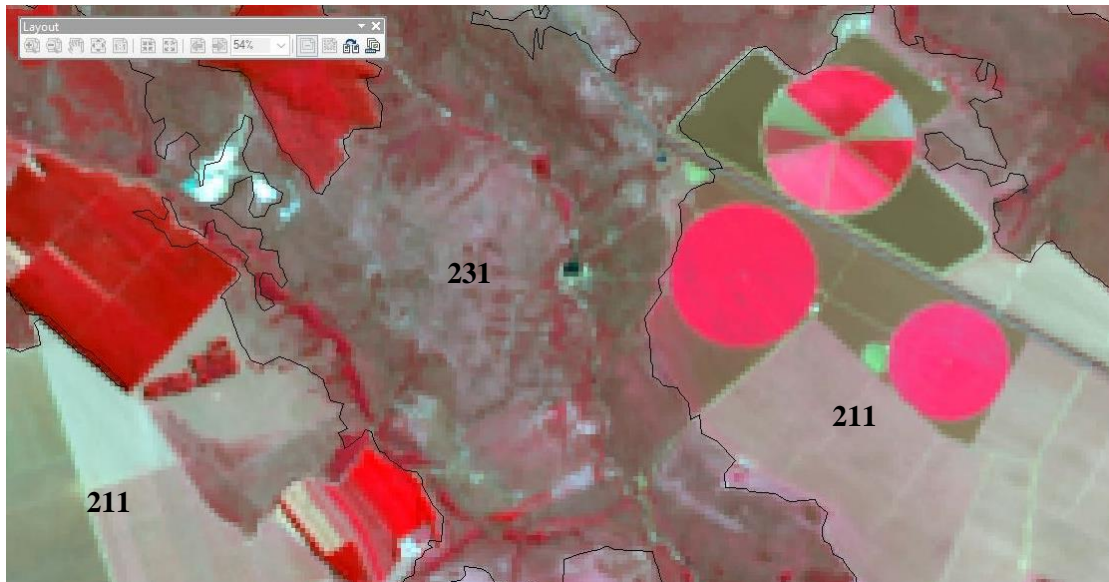


Figura 6: Imagem do ecrã do computador onde uma pastagem em 2013 pelo satélite Landsat 8 OLI.

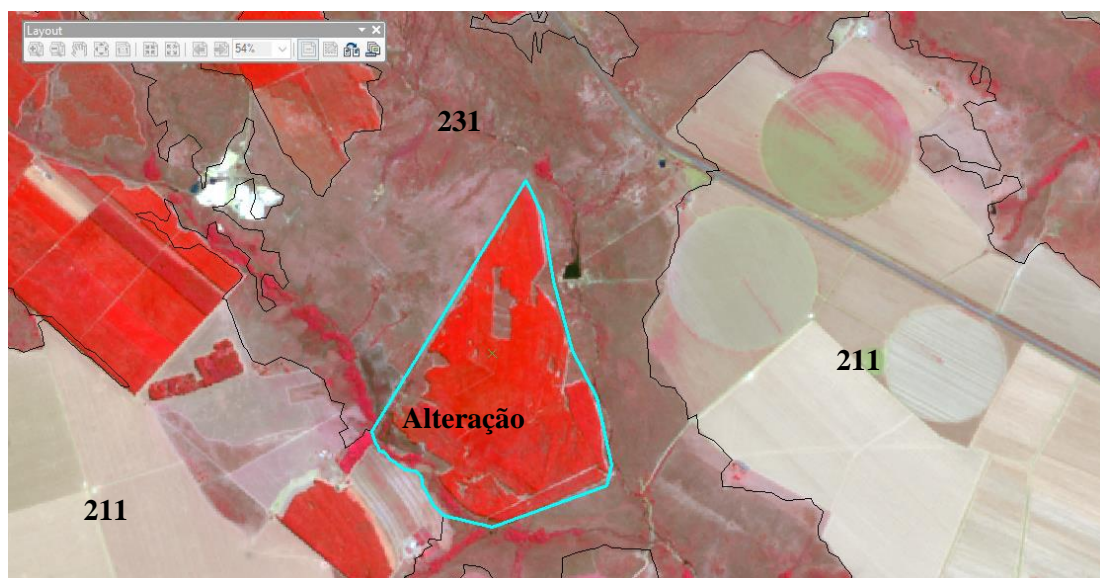


Figura 7: A mesma imagem, mas no satélite Sentinel 2 com uma alteração de agricultura em 2018, onde o polígono possui mais de 25 hectares.

4.3.5 Avaliação da exatidão temática do produto final

Após terminado o produto final, elabora-se a exatidão temática do CLC 2018 – Cristalina – Goiás, para os três níveis de caracterização de nomenclaturas adaptadas para este mapeamento. A exatidão temática é a indicação do valor da medida estipulada no mapa com o valor real no terreno, ou seja, a confiabilidade do mapa. Portanto, foi necessário o procedimento estatístico em que foi possível estabelecer esta confiabilidade. Esta avaliação temática foi efetuada a partir de amostragem aleatórias simples de 540 unidades amostrais distribuídas por todo o município de Cristalina – Goiás e nos três níveis de nomenclatura. As informações recolhidas nas unidades amostrais foram por fotointerpretação de imagens do satélite Landsat 8 OLI 2013 e do Sentinel 2 2018 com média e alta resolução espacial, consecutivamente. Posteriormente a isto, foi feita uma matriz de confusão, ao qual calculou-se a exatidão global juntamente com 95% de intervalo de confiança para o valor da estimativa. Para avaliar a exatidão temática foi necessário, conforme Stehman e Czaplewski (1998), considerar três componentes básicas:

- o desenho amostral: onde a unidade amostral utilizada nesta exatidão temática seria o ponto (figura 8);
- o *response design*: que é o protocolo para a determinação de classificação para referenciar a unidades amostrais selecionadas;
- e o plano de análise: é onde a exatidão temática é consistida em comparar a classificação temática do mapa e uma base de dados de referência. Neste caso, foi feita a comparação entre a classificação do mapa e uma base de dados de referência, onde é representada a verdade no terreno.

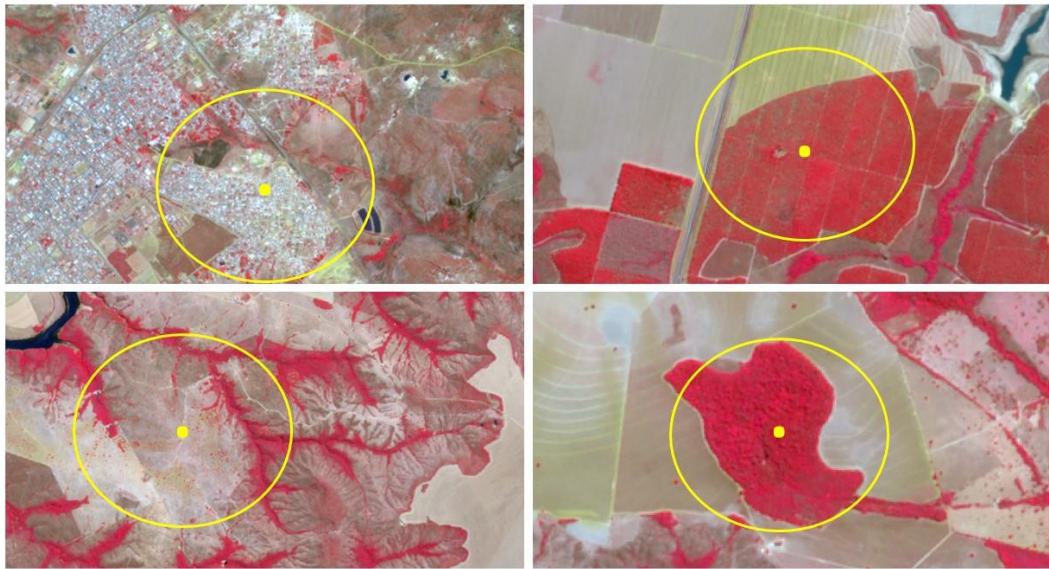


Figura 8: Exemplos de unidades amostrais (pontos), em que as regiões ao redor correspondem o suporte espacial (polígono circular), onde a UMC das cartas corresponde a 25 hectares. A imagem de fundo corresponde à falsa cor do Landsat 8 OLI 2013.

Após a coleta de pontos em classes aleatórias foi feito o protocolo de rotulagem onde a classificação referenciada seria atribuída para as unidades amostrais. Para recolher a informação foi feita a partir do processo de fotointerpretação das imagens satélite do Landsat 8 OLI do ano de 2013 e do Sentinel 2 2018, utilizando assim essa referência para a carta de uso e ocupação do solo do ano do TerraClass Cerrado 2013. Levando em conta a resolução espacial do satélite Landsat 8 OLI 2013 de 30 metros e satélite Sentinel 2 2018 de 10 metros, onde a escala de referência para recolha das amostras foi de 1:25.000.

O método que foi utilizado para avaliação de erro da precisão temática foram os índices que seriam derivados da matriz de erro. A matriz de erro tem como base o fornecimento da descrição para uma precisão melhor da classificação e a caracterização dos erros, nisto ela ajuda o refinamento da classificação. A matriz de erro é importante porque nela são derivadas as medidas de precisão e classificação, que neste caso seria a exatidão global a mais conhecida (Foody, 2002).

A matriz de erro feita tem um arranjo quadrado de números disponíveis em linhas e colunas onde mostram o número de unidades de amostras de categorias particulares

relativas (tabela 4), inferidas por um classificador (ou regra de decisão), numa comparação com categorias atuais verificadas no campo (Cangalton, 1991).

Classificação	Dados de referência			Total nas linhas ni+
	1	2	r	
1	x11	x12	x1r	x1 +
2	x21	x22	x2r	x2 +
r	x31	x32	x3r	x3 +
Total nas colunas n +1	x + 1	x + 2	x + 3	r

Tabela 4: Representação matemática da matriz de erro. Adaptado de Bernardes (2006).

O cálculo da exatidão global (\hat{P}_c), conforme Card (1982) foi calculada a partir da seguinte equação:

$$\hat{P}_c = \sum_{j=1}^r \pi_j n_{jj} / n_{.j}$$

em que π_j representa a proporção de área ocupada no mapa pela classe j , n_{jj} o número total de unidades amostrais corretamente classificadas da classe j , $n_{.j}$ o número total de unidades amostrais da classe j e r o número total de classes no mapa.

A variância da estimativa da exatidão global \hat{P}_c quando é utilizada uma amostragem aleatória simples, pode ser calculada utilizando a seguinte equação:

$$V(\hat{P}_c) = \sum_{j=1}^r p_{jj} (\pi_j - p_{jj}) / (\pi_j n)$$

em que p_{jj} é a probabilidade das unidades amostrais corretamente classificadas da classe j e n a dimensão da amostra. Um intervalo de confiança de $100(1-\alpha)\%$ para \hat{P}_c , para um nível de significância α , pode ser calculado utilizando a próxima equação:

$$\left[\hat{P}_c - Z_{1-\alpha/2} V(\hat{P}_c)^{1/2}; \hat{P}_c + Z_{1-\alpha/2} V(\hat{P}_c)^{1/2} \right]$$

onde $z_{1-\alpha/2}$ é o quantil de $100(1-\alpha/2)\%$ da distribuição normal. Nestas condições o intervalo de confiança pode ser definido com 95% de confiança.

Para o recolhimento das informações foi feito a partir do método de fotointerpretação, onde se recolheu três amostras de classes no mapa de uso e ocupação do solo. Na primeira classe que foi recolhida foi considerada a classe mais provável, a segunda classe que foi recolhida foi considerada a mais provável e a terceira classe que foi recolhida foi considerada a mais provável. Por fim, a quarta classe foi considerada a mais provável. Em relação à recolha de classes de uso e ocupação do solo esse é o método mais amplamente utilizado para exatidão temática (Caetano *et al.*, 2016). Podemos ver na tabela 5 os atributos recolhidos em amostras da base de dados de referência.

Atributos	Descrição	Cartas a avaliar
CLC Cristalina - Goiás 2018	Primeira classe de uso e ocupação do solo mais provável para 2018	CLC Cristalina - Goiás 2018
CLC Cristalina - Goiás 2018	Segunda classe de uso e ocupação do solo mais provável para 2018	CLC Cristalina - Goiás 2018
CLC Cristalina - Goiás 2018	Terceira classe de uso e ocupação do solo mais provável para 2018	CLC Cristalina - Goiás 2018
CLC Cristalina - Goiás 2018	Quarta classe de uso e ocupação do solo mais provável para 2018	CLC Cristalina - Goiás 2018
TerraClass Cerrado 2013	Primeira classe de uso e ocupação do solo mais provável para 2013	TerraClass Cerrado 2013
TerraClass Cerrado 2013	Segunda classe de uso e ocupação do solo mais provável para 2013	TerraClass Cerrado 2013
TerraClass Cerrado 2013	Terceira classe de uso e ocupação do solo mais provável para 2013	TerraClass Cerrado 2013
TerraClass Cerrado 2013	Quarta classe de uso e ocupação do solo mais provável para 2013	TerraClass Cerrado 2013

Tabela 5: Atributos recolhidos nas unidades amostrais da base de dados de referência da exatidão temática do CLC Cristalina – Goiás 2018 e TerraClass Cerrado 2013, com recorte do mesmo município.

4.3.6 Confeção e Produção de Mapas Temáticos

Nesta última fase do trabalho, com a sobreposição de metodologia CLC sobre o TerraClass Cerrado e alterações das mudanças de uso e ocupação do solo, bem como a validação foi iniciada a aplicação do método de produção cartográfico de mapas temáticos resultantes das análises feitas entre os anos de 2013 e 2018. Todos os mapas

foram confeccionados no software ArcGis 10.6.1. O resultado do trabalho é um mapa final do município de Cristalina – Goiás, em que o mapeamento TerraClass Cerrado foi adaptado ao CLC e feita uma análise histórica das mudanças dos usos e coberturas do solo naquele município. A vantagem deste método é quantitativa e qualitativa para o espaço temporal, porque pôde-se notar a melhoria de novas metodologias às bases cartográficas já existentes e maior caracterização dos usos diante de um aumento considerável de classes específicas, no caso do CLC e também que pode-se verificar a viabilidade de utilização de diversas metodologias para mapeamentos nos mais diversos fins.

5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados do trabalho de adaptação da base de dados TerraClass Cerrado 2013 para o Corine Land Cover e a verificação de alterações ocorridas entre 2013 e 2018. Sendo assim, a discussão está estruturada em torno de três aspectos distintos, contudo interligados: o primeiro corresponde à adaptação das classes TerraClass Cerrado para CLC; o segundo corresponde às alterações ocorridas entre os anos de 2013 e 2018 e a última que é a análise e verificação do resultado e estatística, bem como as perspectivas para outros trabalhos posteriores.

5.1 Adaptação da Base TerraClass Cerrado para Corine Land Cover

A adaptação da base TerraClass Cerrado para Corine Land Cover se baseou na inclusão das classes CLC para TerraClass Cerrado 2013 (figura 9). Na base TerraClass Cerrado são constituídas dez classes de uso e ocupação do solo, sem critérios de unidades mínimas cartografadas e espaço entre polígonos. As dez classes foram definidas na equipa que elaborou o TerraClass Cerrado pelo processo de segmentação feita a partir do software SPRING e classificadas automaticamente com as imagens do satélite Landsat 8 OLI 2013, com unidade mínima de 6,25 hectares e escala de 1:250.000. Esta unidade mínima é baseada na segmentação do trabalho TerraClass Cerrado 2013, mas não é a mesma UMC para a classificação conforme os parâmetros do CLC. Após isto, fizeram o processo de validação a partir da interpretação/inspeção visual a partir de fotointerpretação. Já na adaptação para a base Corine Land Cover foram estabelecidas vinte e oito classes de uso e ocupação do solo, com seus códigos de acordo com as nomenclaturas do CLC. Essas classes são divididas em cinco tipos de mega classes e três níveis de especificação (Anexo 1). Ao estabelecer o critério de unidades mínimas cartografadas para 25 hectares, muitos polígonos se uniram a outros ou entre ele e criaram um novo polígono, estabelecendo polígonos com no mínimo 25 hectares de tamanho. Foi também editada e corrigida as linhas que tinham espaçamento menores que 100 metros, isso porque o CLC também estipula esse espaçamento mínimo. Essa adaptação a partir da metodologia usada nos projetos do CLC em âmbito europeu e com classes como agricultura e áreas naturais fizeram diversos polígonos serem desmembrados uns dos outros. Por fim, uma base nova foi criada, já com a caracterização do CLC.

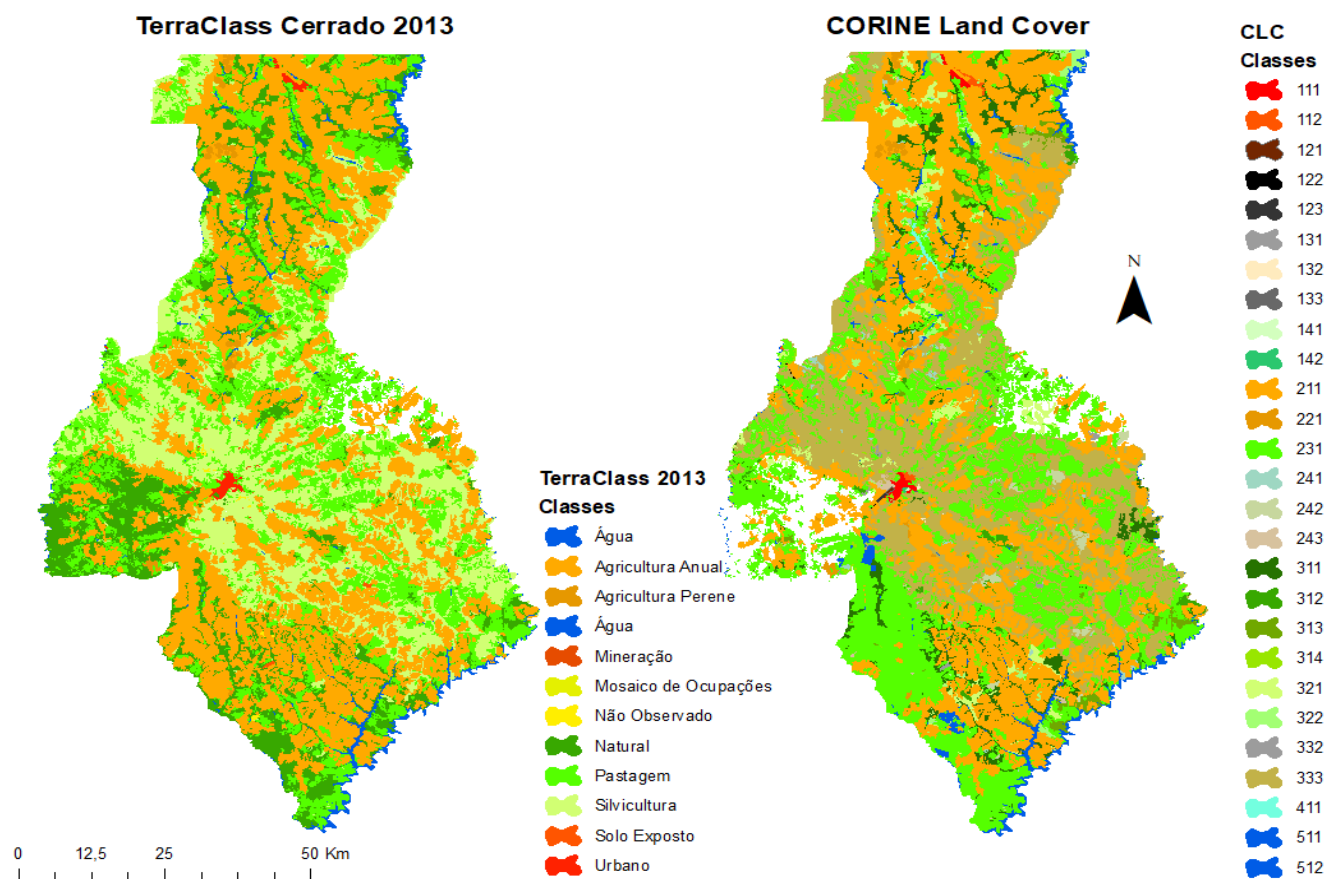


Figura 9: Adaptação de classes do TerraClass Cerrado 2013, para o CLC.

Na tabela 6 vemos a quantidade de polígonos por classes e tamanho em hectares no mapeamento TerraClass Cerrado 2013, delimitado pelo recorte espacial município de Cristalina - Goiás.

Nomenclatura das classes TerraClass Cerrado	2013	
	Polígonos	Áreas em hectares
Agricultura anual	281	143.088
Agricultura perene	24	25.012
Corpo de água	163	85.912
Área urbana/Mosaico de ocupações	15	285
Natural/Natural não vegetado	579	101.016
Mineração	11	45
Não observado/Outros	13	67
Pastagem plantada	1432	216.072
Silvicultura	193	44.562
Solo exposto	4	13

Tabela 6: Classes utilizadas no TerraClass Cerrado 2013

Na tabela 7 temos a quantidade de classes e tamanho em hectares após a adaptação para o CLC.

Cod CLC	Nomenclatura das classes Corine Land Cover	2018	
		Polígonos	Áreas em hectares
111	Tecido Urbano contínuo	3	25
112	Tecido Urbano descontínuo	4	55
121	Indústria, comércio e equipamentos em geral	1	6
122	Redes rodoviárias e ferroviárias e espaços associados	2	92
123	Aeroportos e aeródromos	1	15
131	Áreas de extração de inertes	13	11
132	Áreas de deposição de resíduos	2	12
133	Áreas em construção	2	21
141	Espaços verdes urbanos	1	41

142	Equipamentos desportivos, culturais e de lazer, e locais históricos	1	37
211	Cultura temporária	256	152.089
221	Pomares	27	35.987
231	Pastagens permanentes	1209	286.088
241	Culturas temporárias associadas a pequenos agricultores	90	4.500
242	Sistemas culturais e parcelares complexos	34	4.350
243	Agricultura com espaços naturais e semi-naturais	16	1.168
311	Matas Ciliares	170	5.981
312	Matas Galeria	61	28.987
313	Matas Secas	52	25.487
314	Cerradão	59	17.131
321	Formações Savânicas	115	18.231
322	Formações Campestres	70	16.987
331	Praias, dunas e areais	0	0
332	Rocha nua/aflorada	5	13
333	Áreas queimadas/ardidas	2	6
411	Áreas húmidas/pantanosas	1	2
511	Cursos de água	37	13.854
512	Planos de água	86	4.896

Tabela 7: Classes utilizadas no Corine Land Cover 2018.

5.2 Alterações de usos entre 2013 e 2018

Nas alterações, ocorridas após a adaptação da base cartográfica, as classes alteradas (figura 10) ocorridas entre os anos de 2013 e 2018 foram identificadas a partir da interpretação/inspeção visual e fotointerpretação para a verificação das mudanças de uso e ocupação do solo ocorridas no decorrer dos cinco anos. Essas alterações se basearam onde houve realmente uma alteração de uso antrópico daquele polígono, ou parte dele para uma classe totalmente distinta da classe original ou ocupação em 2013. Um exemplo dessas alterações é quando uma pastagem ou vegetação natural se tornou uma agricultura. Com as ferramentas de *Street View* e *Google Earth* foi possível perceber as alterações e a partir das características e bagagem técnica e intuitiva do intérprete, para qual classe houve aquela alteração.

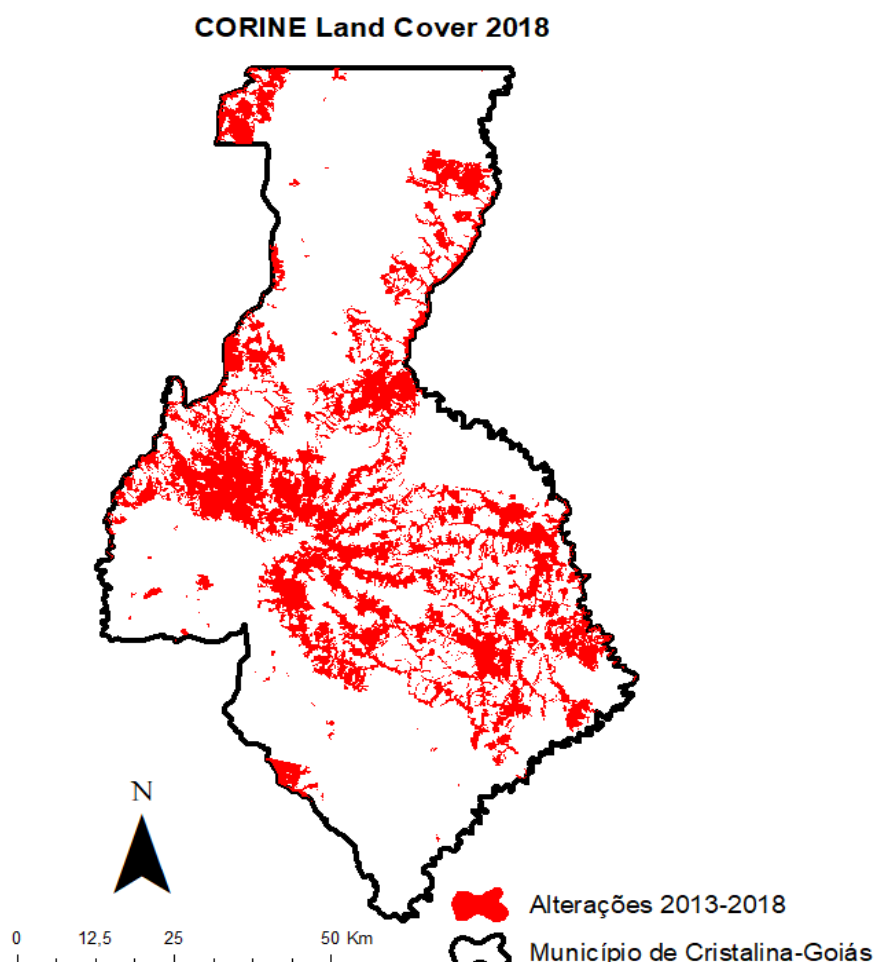


Figura 10: Alterações nas classes ocorridas entre 2013 e 2018.

Foram detetadas oitenta e seis alterações entre os anos de 2013 e 2018 identificadas em todo o município, a maioria das alterações ocorreram na classe 231 (pastagens permanentes), após esta classe foram identificadas alterações na classe 211 (cultura temporária), uma alteração em 333 (rocha nua), uma em 141 (espaços verdes), uma em 142 (equipamentos desportivos, culturais e de lazer, e locais históricos), duas em 314 (cerradão) e uma em 122 (redes viárias e ferroviárias e espaços associados). A percentagem de alterações em cinco anos foi de 13,71% da área total de todo o município e na tabela 8 vemos essa percentagem de alterações por classes de uso e ocupação do solo do CLC.

Cod CLC	Classes	Cristalina - Goiás				
		Alterações 2013-2018				
		Áreas em hectares 2013	%	Áreas em hectares 2018	%	Variação %
111	Tecido Urbano contínuo	25	0	25	0	0
112	Tecido Urbano descontínuo	55	0,01	55	0,01	0
121	Indústria, comércio e equipamentos em geral	6	0	6	0	0
122	Redes rodoviárias e ferroviárias e espaços associados	92	0	92	0	0
123	Aeroportos e aeródromos	15	0	15	0	0
131	Áreas de extração de inertes	11	0	11	0	0
132	Áreas de deposição de resíduos	12	0	12	0	0
133	Áreas em construção	21	0	21	0	0
141	Espaços verdes urbanos	41	0	36	0	0
142	Equipamentos desportivos, culturais e de lazer, e locais históricos	37	0	25	0	0
211	Cultura temporária	152.089	27	100.931	23	3
221	Pomares	35.987	6,7	35.987	6,7	0
231	Pastagens permanentes	286.088	41	156.312	27,5	13,5
241	Culturas temporárias associadas a pequenos agricultores	4.500	3	4.500	3	0
242	Sistemas culturais e parcelares complexos	4.350	3	4.350	3	0
243	Agricultura com espaços naturais e semi-naturais	1.168	2	1.168	2	0
311	Matas Ciliares	5.981	3	5.981	3	0
312	Matas Galeria	28.987	5	28.987	5	0
313	Matas Secas	25.487	5	25.487	5	0
314	Cerradão	17.131	4	10.730	3,5	1,5
321	Formações Savânicas	18.231	5	18.231	5	0

322	Formações Campestres	16.987	4	16.987	4	0
331	Praias, dunas e areais	0	0	0	0	0
332	Rocha nua/aflorada	13	0	12	0	0
333	Áreas queimadas/ardidas	6	0	6	0	0
411	Áreas húmidas/pantanosas	2	0	2	0	0
511	Cursos de água	13.854	4	13.854	0	0
512	Planos de água	4.896	3	4896	3	0

Tabela 8: Percentagem das alterações de classes de uso e ocupação do solo entre 2013 e 2018 por uso de nomenclatura.

Nas pastagens, houve alterações principalmente para culturas temporárias. Nestas culturas, houve abandono de usos e mudanças de culturas, como por exemplo, cultura temporária para pomares. Já nas outras classes, as alterações foram mais relacionadas ao crescimento urbano, como as de territórios artificializados e aumento de florestas ou água para os cursos de água.

5.3 Uso e Cobertura do solo em 2013

A figura 11 ilustra o mapeamento de uso e cobertura do solo do TerraClass Cerrado 2013. São dez classes de uso e ocupação em que compõem o município de Cristalina-Goiás, Brasil. Desse mapa, foi feita a adaptação ao Corine Land Cover.

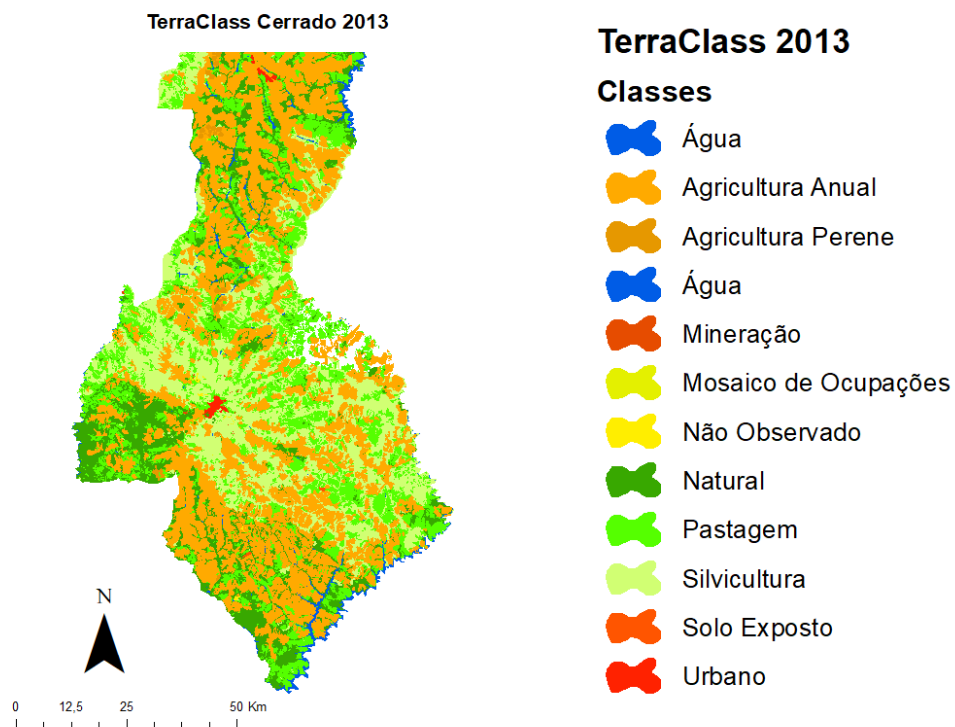


Figura 11: Classificação do uso e cobertura do solos pelo TerraClass Cerrado 2013.

5.4 Uso e Cobertura do solo em 2018

Após a adaptação do TerraClass Cerrado 2013 e feitas as alterações para o ano de 2018, em que se usou imagens de satélite Sentinel 2, percebe-se o mapa de uso e ocupação do solo do município de Cristalina-Goiás aumentou para vinte e oito classes no total em 2018 (figura 12).

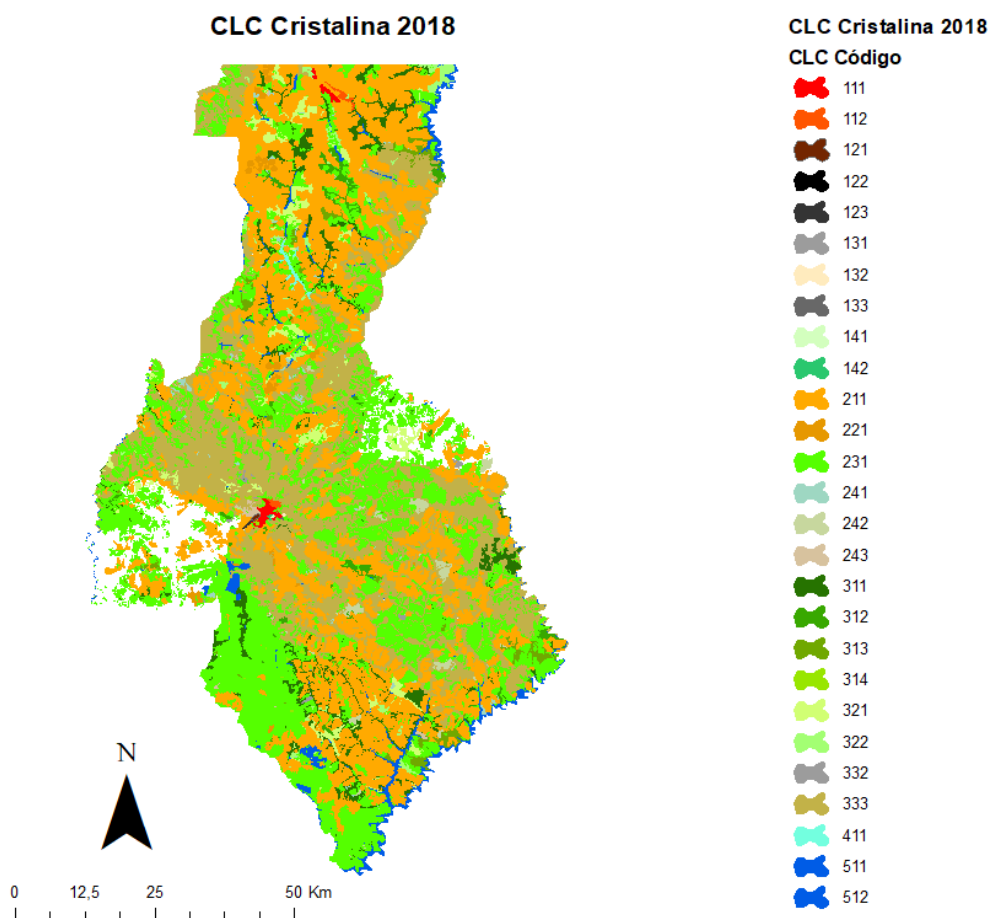


Figura 12: Classificação de uso e cobertura do solo com o CLC em 2018

5.5 Análise da Metodologia Aplicada

Após feita a adaptação do TerraClass Cerrado 2013 para o CLC, entre 2013 e 2018 foi atribuída as alterações ocorridas no município, que resultou na tabela (Tabela 7). Nas alterações ocorridas entre os anos de 2013 e 2018 o efeito de ocupação da agropecuária mecanizada e automatizada tem se propagado sobre diversas pastagens. Houve diminuição de alguns remanescentes naturais e aumento de outras pastagens. Os regadios/pivôs centrais têm também um aumento considerável no decorrer destes cinco anos. Ao redor do tecido urbano, houve um pequeno aumento para área urbana artificializada, com indicativo de aumento da população naquele município.

Na tabela 9 podemos ver que do TerraClass Cerrado 2013 para o CLC 2018 em relação às megas classes ou nível um de caracterização, onde houve o aumento para agricultura e pastagens e a diminuição das vegetações nativas e naturais. Na coluna de alterações, a percentagem em relação ao total de todas as alterações entre 2013-2018 foi bem alta para agriculturas e pastagens, em segundo lugar houve alterações em vegetações naturais e nisto nota-se que muitas classes de vegetações naturais foram desmatadas para a abertura de pastagens ou início de cultura agropecuária. Nas húmidas e águas houve alguma alteração com taxa de 2,6%, no que se refere em criação de lagos artificiais. Já em territórios artificializados o crescimento nos cinco anos foi pouco significativo. Até 2013, o Brasil vivia um forte momento de *boom* econômico, mas houve uma crise econômica e política a partir de 2015 que afetou uma diversidade de cadeias produtivas e econômicas no país. Entretanto, podemos observar que a agropecuária não parou a sua atividade de produção, principalmente pelo facto do aumento de áreas cultivadas tomando conta das pastagens e a permanência das outras tantas já existentes

Classes de uso e ocupação do solo	2013 (%)	2018 (%)	Alterações (%)
Artificializados	4	4	0,25
Agriculturas e Pastagens	52	55	78,15
Vegetação e naturais	32	28	19
Húmidas e águas	12	13	2,6

Tabela 9: Percentagem de classes em relação 2013 e 2018 relacionadas às alterações.

No gráfico abaixo (figura 13) ilustramos essas taxas de aumento de agriculturas e pastagens entre os cinco anos e as taxas de alterações ocorridos com maior frequência. A classe de pastagem é a mais predominante no município de Cristalina, mas também possui uma grande quantidade de regadios/pivôs centrais, uma das maiores concentrações dessas culturas no planeta (Barbalho, 2006). Diante disso é possível verificar a dinâmica de alterações ocorridas e as consequências trazidas para os remanescentes naturais. Portanto, nestas condições já podemos perceber a importância de mapeamento constante e permanente.

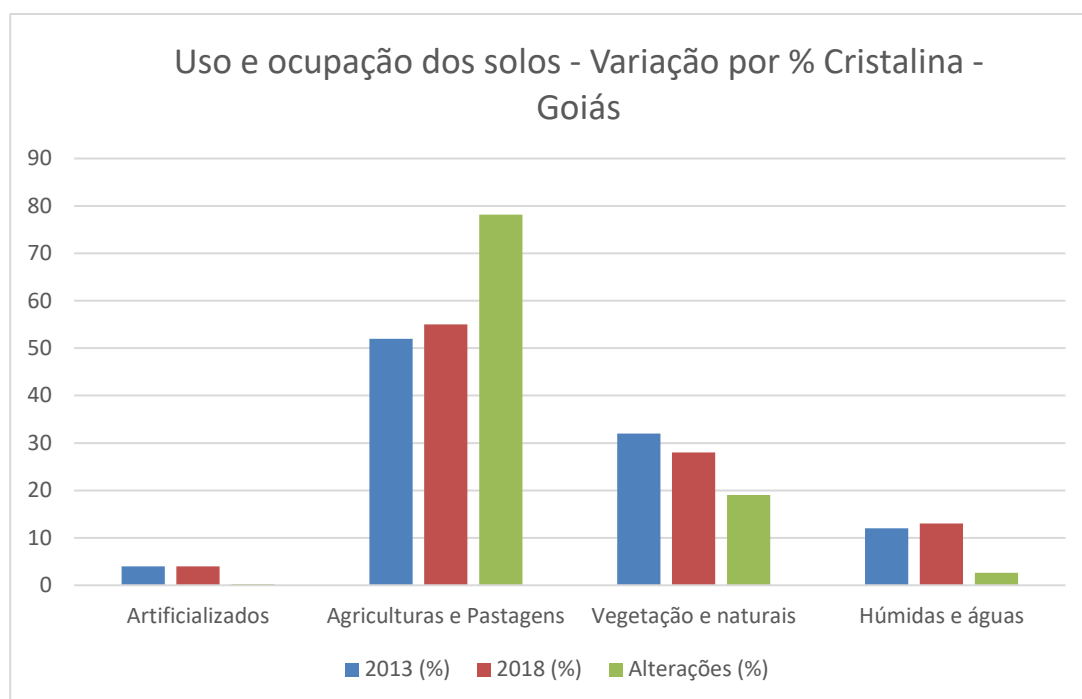


Figura 13: Gráfico de percentagem de usos e ocupação do solo entre 2013 e 2018 e alterações, Cristalina - Goiás.

5.6 Resultado da exatidão temática do produto final

Após terminado o produto final, apresenta-se a exatidão temática do CLC 2018 – Cristalina – Goiás, para os cinco tipos de mega classes de nomenclaturas com três níveis de especificação adaptadas para este mapeamento. Na tabela 10 apresenta-se os níveis de estimativa da exatidão global em que as precisões e intervalos de confiança baseiam -se a 95% para as duas cartas de uso e ocupação do solo avaliadas, diante dos três níveis de nomenclatura CLC. Isso significa que a exatidão temática dos mapas foi de grande qualidade e poucos erros. Para as matrizes de erro, das duas cartas analisadas estão no anexo desta dissertação os dados.

TerraClass Cerrado 2013				CLC Cristalina - Goiás 2018			
	Exatidão global	<i>d</i>	Intervalo de confiança		Exatidão global	<i>d</i>	Intervalo de confiança
Nível 1	95%	1%	[94%;96%]		95%	1%	[94%;96%]
Nível 2	84%	3%	[81%;87%]		90%	3%	[87%;93%]
Nível 3	72%	3%	[69%;75%]		78%	2%	[76%;80%]

Tabela 10: Estimativa de exatidão global, precisão da estimativa (*d*) e intervalos de confiança a 95% para o TerraClass Cerrado 2013 e CLC Cristalina – Goiás 2018, nos três níveis da nomenclatura CLC.

5.7 Importância dos TerraClass Cerrado e Corine Land Cover para análise de Uso e Ocupação do solo no Cerrado brasileiro

A produção de mapas de uso e cobertura do solo possui uma diversidade dinâmica e de recursos. A produção automática e semi-automatizada é uma realidade na maioria dos mapeamentos de grandes extensões territoriais. Entretanto, a depender da escala, se for numa resolução baixa ou média, a possibilidade de erros de algoritmos é evidente, mas aceitável. Já para um mapeamento de classificação com mais acurácia e específica, a automatização precisa do complemento da validação feita por intérpretes em análise de fotointerpretação capazes de evidenciar os usos existentes a partir das ferramentas disponíveis e da própria imagem de satélite. Tanto o mapeamento TerraClass Cerrado 2013, como o Corine Land Cover houve inicialmente um processo automatizado de classificação para elaboração das classes. Posteriormente, essas classes passaram por processos de validações e interpretação/inspeção visual feita por técnicos e nisto é o objetivo para um trabalho de melhor qualidade. A metodologia do TerraClass Cerrado 2013 baseou-se em dez classes distintas, com critérios de validação cartográfica menos específicos que o CLC. Usou-se somente o critério da validação a especificar o uso da classe, portanto e finalizou-se com área mínima mapeada de 6.25 hectares e uma escala de 1:250.000. Já o mapeamento Corine Land Cover possui metodologia cartográfica mais específica, como o espaçamento mínimo permitido de 100 metros entre linhas e não permitir polígonos menores que 25 hectares como Unidade Mínima Cartografada. Além de que há também uma especificação maior de classes superior ao número existente no TerraClass Cerrado 2013. Foram utilizadas vinte oito classes para a adaptação metodológica e a escala passou para 1:100.000, mas a depender da escala, poderiam ser atribuídas mais classes, onde podemos ver um exemplo dessa adaptação e diferenças visuais das classes nas figuras 14 e 15. A vantagem do CLC sobre o TerraClass Cerrado é justamente sua melhor acurácia e metodologia específica para este tipo de mapeamento e grandes extensões, que pode ser usado para escalas grandes e pequenas. A automatização é importante e necessária pela quantidade de dados existentes, mas ficar somente com ela, tem como desvantagem os erros na classificação resultante (Jean e Ramirez, 1996).

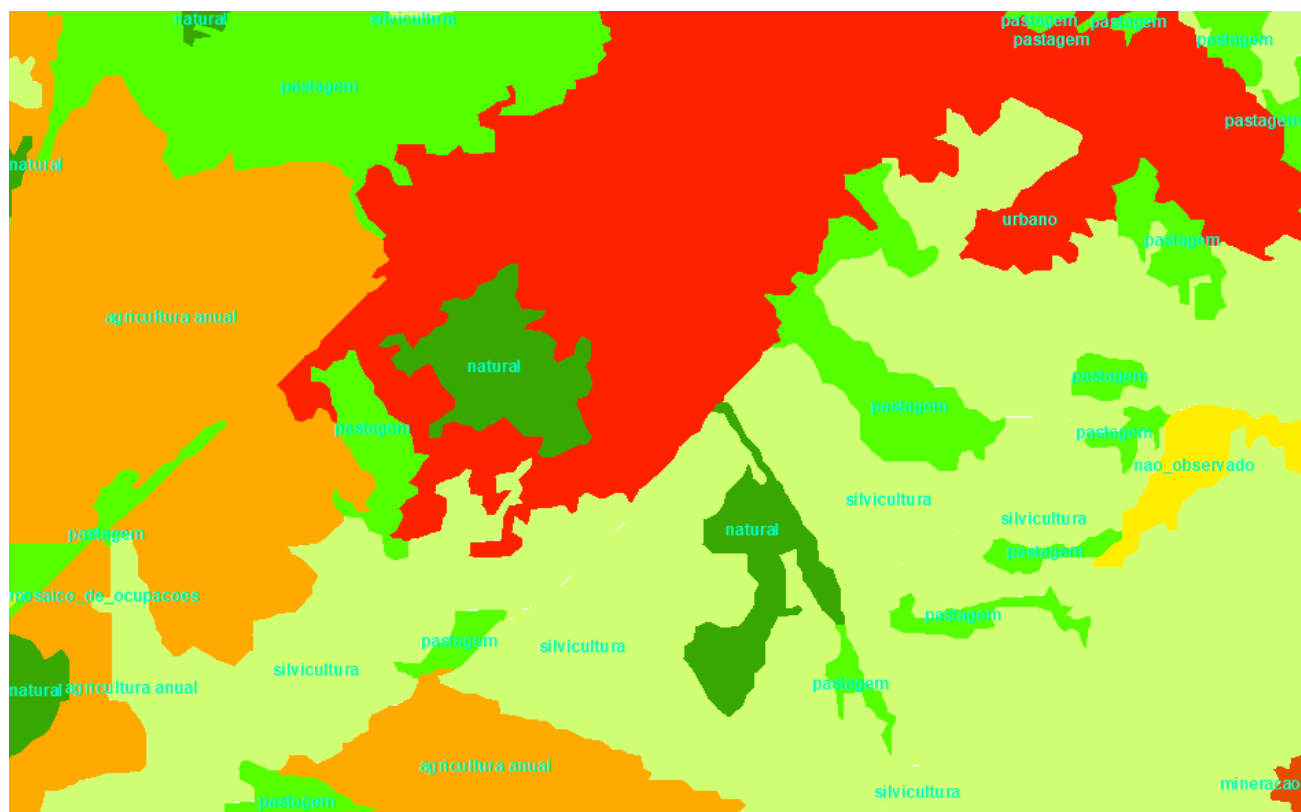


Figura 14: Classes de uso e ocupação do solo no mapeamento TerraClass Cerrado 2013.

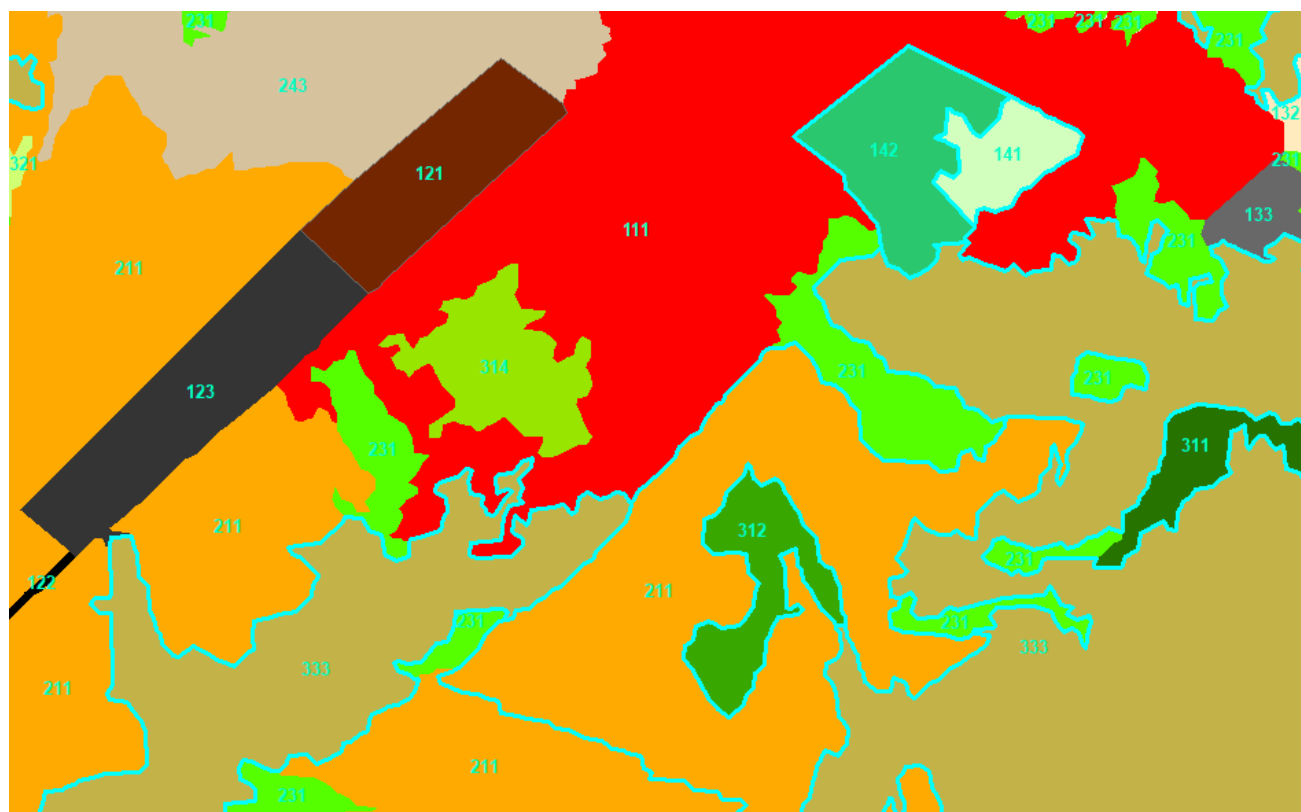


Figura 15: Classes adaptadas ao CLC com uma melhor caracterização e mais classes.

É necessário perceber que toda classificação automatizada nunca irá conseguir precisão suficiente, portanto há sempre a necessidade das validações e interpretações a parte, ainda mais em áreas com heterogeneidade de usos e ocupações (King, 2001).

Ao basear na interpretação/inspeção visual e fotointerpretação, todo o trabalho terá maior precisão e poderá oferecer melhores resultados e melhores conclusões. Já ao basear na metodologia do CLC, temos a possibilidade de seguir uma padronização já especializada e utilizada com sucesso, usada há vários anos pelos países membros da União Europeia. Esse mapeamento pode ser capaz de subsidiar uma diversidade de ações, como monitorização constante e permanente, bem como ações de planeamento do espaço territorial.

Portanto, ambos os mapeamentos têm importância e são de grande prestígio para os estudos advindos deles, entretanto, aplicar a metodologia CLC em um mapeamento em um país com tamanha dimensão territorial, como o Brasil, se faz desafiante e importante para que os usos dos recursos sejam sustentáveis e tornar-se um ambiente mais seguro e sustentável. Ademais, ambos os mapeamentos têm importância e são de grande prestígio para os estudos advindos deles, entretanto, aplicar a metodologias mais específicas e especializadas como o CLC num mapeamento em um país com tamanha dimensão territorial, como o Brasil, se faz necessário para que o uso dos recursos sejam sustentáveis e possibilidades de maior reconhecimento espacial.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

6.1 Considerações Finais

No objetivo geral, a adaptação do mapeamento TerraClass Cerrado 2013 para a metodologia Corine Land Cover foi feita usando como amostra o recorte espacial do município de Cristalina-Goiás, Brasil. Foi analisada classe por classe no TerraClass Cerrado 2013 e adaptado às nomenclaturas do CLC. Antes disso, porém, foi feita uma busca da bibliografia disponibilizada sobre as características fitofisionômicas das vegetações naturais do Cerrado para uma adaptação dos usos florestais principalmente, os tipos de culturas existentes na região e características da utilização antrópica ao CLC. Deve-se levar em conta que o CLC é feito para o continente europeu, região localizada em zona temperada do solo, com uma diversidade de característica natural da região norte do planeta. Já o Cerrado encontra na zona intertropical e suas características são de savana para florestal tropicais. Mas foi possível fazer a adaptação classe por classe e isso pôde-se analisar as alterações de uso e ocupação do solo ocorridas no decorrer dos cinco anos entre 2013 e 2018.

A adaptação do TerraClass Cerrado 2013 para o CLC como objetivo específico baseou-se nas correções das nomenclaturas em que as classes do TerraClass Cerrado foram editadas para as classes baseadas no CLC, houve aumento do número de classes de dez para vinte e oito, onde a inclusão da regra da UMC, que é o espaço mínimo de 100 metros entre linhas havendo um aumento do detalhamento, consequentemente, da escala. Essa análise mostra a potencialidade que os usos de imagens digitais podem proporcionar para os mais diversos trabalhos de análise espacial e monitorização.

A partir dos resultados dessa pesquisa, foi percebido que há mais pastagens no município, com grande tendência de alterações para culturas temporárias. Há também muitos remanescentes naturais que se transformam em pastagens, principalmente para o pastoreio do gado bovino. Visto que a região é uma das maiores exportadoras de carne bovina do planeta. A maioria das culturas temporárias são estabelecidas como regadios/pivôs centrais e suas dinâmicas territoriais são bastante heterogêneas. Diante desta sistemática, tanto o Cerrado brasileiro, como o município de Cristalina-Goiás, necessitam de constante e permanente monitorização quanto ao uso e cobertura do solo, de forma para a preservação ambiental e possibilidade de desenvolvimento econômico

de forma sustentável.

6.2 Recomendações

É recomendado que seja aplicado a outras bases de mapeamento, tanto do Cerrado brasileiro, como de outros biomas onde há forte ação antrópica à metodologia de mapeamento do Corine Land Cover. Há a possibilidade de adaptação quanto aos tipos fitofisionômicos de cada região ou bioma. Também é possível o treinamento de técnicos para este determinado fim. A consequência de basear os mapeamentos de larga escala com alta especialização, padronização e constante atualização só pode trazer benefícios, tanto económicos, quanto ambientais. A automatização é extremamente importante e viável, entretanto, no caso de análise de uso e ocupação do solo, para um critério mais específico e melhor acuidade dos dados, se faz necessária as validações de interpretação/inspeção visual das classes a partir da fotointerpretação. A partir desta pesquisa, poderá haver pesquisas posteriores mais específicas, no que tange o mapeamento de uso e ocupação do solo, com metodologia Corine Land Cover, tanto para o Brasil, quanto para qualquer outra região a que se faz interessada.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anualpec. Anuário Estatístico da Agricultura e Pecuária. São Paulo: FNP Consultoria e Agroinformativos, 2012.
- Aronoff, S. Geographical Information Systems: a management perspective. Ottawa, WDI Publications, 1989.
- Azevedo, L.G Tipos ecofisionômicos da vegetação da região de Januária (MG). In: SIMPÓSIO SOBRE CERRADO, 2., 1965, Rio de Janeiro. Anais Academia Brasileira de Ciências, v.38, p.39-57, 1966. Suplemento.
- Barbalho, M. G. da S. *et al.* Uso do solo e a irrigação por pivô central na superfície tabular no município de Cristalina - GO. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 6, 2006, Goiânia. Anais... Goiânia: [s.n.], 2006. p. 220-233.
- Barbosa, Altair Sales; Schimitz, Pedro Ignácio. Ocupação Indígena do Cerrado: esboço de uma história. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P. de; Ribeiro, J. F. (Ed.). Cerrado: ecologia e flora. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.
- Bessa, L. K. As plantações de soja e o impacto ambiental causado na água e solo na região do cerrado/centro-oeste/cidade de Cristalina de Goiás. Goiânia, 2006.41p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável) – Universidade Católica de Goiás, UCG.
- Bonham-Carter, G.F. Geographical Information Systems for Geoscientists: modelling with GIS. Pergamon, England, 1996.
- Borlaug, N. E. Feeding a world of 10 billion people: our 21st century challenge. IFDC, An International Center for Soil Fertility & Agriculture Development, Muscle Shoals, Alabama. The TVA/IFDC/legacy. Disponível em <http://www.ifdc.org/pdCfiles>. 2003. Acesso em: 10 de janeiro de 2019.
- Brasil. Nationally Appropriate Mitigation Actions. 2010. Disponível em: <www.casacivil.gov.br>. Acesso em: mar. 2019.
- Brasil. SEPLAN (Secretaria de Planejamento da Presidência da República). II Plano Nacional de Desenvolvimento (1975-79). Sugestões Literárias S.A., 1975.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade do Cerrado e Pantanal. Brasília, 1999.

- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Cadeia produtiva da carne bovina. Brasília: MAPA / Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura, 2007. (série agronegócios, v. 8). Disponível em: <<http://www.iica.org.br/Docs/CadeiasProdutivas/Cadeia%20Produtiva%20da%20Carne%20Bovina%20c%20capa.pdf>>. Acesso em: 22 maio 2019.
- Burrough, P. A. & McDonnell, R. A. Principles of Geographical Information Systems. Spatial Information Systems and Geostatistics. Oxford University, Oxford, 1998.
- Caetano, M., T. Santos, H. Carrão, A. Nunes e M. Barreiros. Desenvolvimento de aplicações para generalização de cartografia temática. *Proceedings of the ESIG'2001-VI Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica*, Oeiras. 2001.
- Caetano, Mário, Teresa Santos e Luísa Gonçalves. Cartografia de ocupação do solo com imagens de satélite: estado de arte 2008.
- Caetano, Mário; Pereira, Maria; Carrão, Hugo; Araújo, António; Nunes, António; Nunes, Vasco 2008. Cartografia Temática de Ocupação / Uso do Solo. Lisboa, Instituto Geográfico Português, 23 p.
- Caetano, M., 2012, *Manual da cadeira Detecção Remota da Pós-Graduação e Mestrado em Ciência & Sistemas de Informação Geográfica*, ISEGI-UNL, Lisboa.
- Caetano, M., Sarmiento, P., Monteiro, G., Marcelino, F., Igreja, C. Avaliação da exatidão temática das cartas de uso e ocupação do solo para Portugal Continental COS1995v1.0, COC2007v2.0 e COS2010v1.0. Direção Geral do Território, Lisboa - 2016.
- Câmara, G. & Medeiros, J. S. Geoprocessamento para Projetos Ambientais. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, SP, 1998
- Card, G., 1982. Using known map category marginal frequencies to improve estimates of thematic map accuracy, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 48:431-439.
- Carvalho, P.GS. As veredas e sua importância no domínio dos cerrados. *Informe Agropecuário*, v.15, n.168, p.54-56, 1991.
- Carvalho, F.M.V.; DE Marco, P.; Ferreira, L.G. The Cerrado into-pieces: habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. *Biological Conservation*, v. 142, n.7, p.1392-1403, 2009.

- Congalton, R. G., and Green, K. Assessing the accuracy of remotely sensed data: Principles and practices. New York: Lewis Publishers, 1999. 137p.
- Dias, B.F.S. 1992. Cerrados: Uma caracterização. In. B. F.S. Dias, ed., Alternativas de Desenvolvimento dos Cerrados: Manejo e Conservação dos Recursos Naturais Renováveis, pp. 11-25. Brasília: Fundação Pró-Natureza.
- Dias, M. Helena (2007), Cartografia Temática, Programa, Lisboa, Centro de Estudos Geográficos, Área de Investigação de Geo-Ecologia, Relatório nº 6, 146 p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Missão e atuação 2015. <http://www.embrapa.br/a_embrapa/missao_e_atuacao> Acesso em: 8 abr. 2019.
- Ferreira, Manuel Eduardo. Modelagem da dinâmica de paisagem no Cerrado. 2009. 115 f. Tese (doutorado em Ciências Ambientais). Goiânia, Universidade Federal de Goiás, 2009. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=135847>. Acesso em: 10 fev. 2019.
- Ferreira, A. J.A.; Políticas territoriais e a reorganização do espaço maranhense. 2008. 268f. Tese (doutorado em geografia humana) –Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- Ferri, M.G Ecologia: temas e problemas brasileiros. Belo Horizonte: Itatiaia/São Paulo: EDUSP, 1974.
- Fitz, Paulo Roberto. Geoprocessamento sem complicação. 3. ed. ampl. e atual. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- Florenzano, T. G. Imagens de satélites para estudos ambientais. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97 p.
- Foody, G. M. On the compensation for chance agreement in image classification accuracy assessment. Photogrametric Engineering and Remote Sensing, v. 58, n. 10, p. 1459-1460, 1992.
- Goedert, W. J.; Schermack, M. J.; Freitas de, F. C. Estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.37, p.223-227, 2002
- Goodchild, M. F. Geographical Information Systems in Undergraduate Geography: a

contemporary dilemma. *The Operational Geographer*, nº 8, p. 34, Oxford, 1985.

IBGE. Cidades: Distrito Federal. Brasil, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?lang=&sigla=df>> Acesso: mai.2019.

IBGE. Vocabulário Básico de Termos Técnicos e Meio Ambiente. 2ª Ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: <www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/vocabulario.pdf> Acesso em: mai.2019.

IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Censos agropecuários de 1970, 1975, 1980, 1985, 1995 e 2006. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

INPE. TerraClass Cerrado 2014. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/tccerrado/>> Acesso em: abr.2019.

INTERNATIONAL CARTOGRAPHIC ASSOCIATION, A Strategic Plan for the International Cartographic Association, 2003-2011, As adopted by the ICA General Assembly, 2003-08-16, I.C.A., 2003: http://cartography.tuwien.ac.at/ica/en/ICA_Strategic_Plan_2003-08-16.pdf, 18 p. (consultado em 21 de Abril de 2019).

Jean-François., M. and Ramirez, I. 1996. Comparison of land use classifications obtained by visual interpretation and digital processing. *ITC Journal*, 3(4), 278-283.

King, B. 2001. Land cover mapping principles: a return to interpretation fundamentals. First annual meeting of the Remote Sensing and Photogrammetry Society. London, UK. 467-484.

Latrubesse, E. M.; Stevaux, J. C.; Sinha, R. Tropical rivers. *Geomorphology*, v.70, n.3-4, p.187-206, 2005.

Lima, J.E.F.W.; Silva, E.M. DA; Juscelino, A. DE A. Uso racional da água na agricultura. In: Parron, L.M.; Aguiar, L.M. de S.; Duboc, E.; Oliveira-Filho, E.C.; Camargo, A.J.A. de; Aquino, F. de G. Embrapa Cerrados, 2008. Cap. 3, p.63-91.

Lu, D. *et al.* Change Detection Techniques. *International Journal of Remote Sensing*. Taylor e Francis Ltd., n. 25, p. 2365-2407, 20 jun. 2004. Disponível em: <<http://www.tandf.co.uk/journals>> Acesso em 2015.

Lu, D.; Weng, Q. A survey of image classification methods and techniques for

improving classification performance, International journal of Remote sensing, 2007.

Mapa de Solos 1:250.000 – Plano Diretor da Bacia do Rio Paranaíba – UFV/SEPLAN/Superintendência de Geologia e Mineração, Goiânia, 2004.

Myers, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, Estados Unidos, vol. 403, p. 853-858, jan. 2000.

Miziara, F. Condições estruturais e opção individual na formulação do conceito de “fronteira agrícola”. IN: Silva, L. S. D. (ORG.). Relações cidade-campo: fronteiras. Goiânia: editora UFG, 2000, P. 273-289.

Miziara, F.; Ferreira, Nilson Clementino. Expansão da fronteira agrícola e uso do espaço no estado de Goiás: subsídio à política ambiental. In: Ferreira Júnior, Laerte Guimarães Ferreira. (org). A encruzilhada socioambiental. Goiânia: 2008

Mueller, C. C.; Martha Júnior, G. B. A agropecuária e o desenvolvimento socioeconômico recente do Cerrado. In: Faleiro. F. G.; Farias Neto, A. L. (Org) Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. cap 4, p 105 – 172. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/publicacoes/search_pbl/1?q=Savanas> Acesso em: 20/11/2012.

Novo, E. M. L. M. Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações. Ed. Edgard Blucher Ltda, 3a Edição, São Paulo, 2008. 363 p.

Osorio, Jaime. América Latina: o novo padrão exportador de especialização produtiva – estudo de cinco economias da região. In: Padrão de reprodução do capital: contribuições da teoria marxista da dependência. Carla Ferreira, Jaime Osorio, Mathias Luce (orgs.). São Paulo: Boitempo, 2012.

Quirino, D. T.; Sales, L. F. P. de; Silva, O. F. Aplicação do sensoriamento remoto para análise temporal em agriculturas irrigadas por pivô central no município de Cristalina GO. 2011. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Curitiba. Anais...Curitiba. 2011.

Ratter, A.; Richards, P.W; Argent, G; Gifford, DR. Observations on vegetation of northeastern Mato Grosso. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences, v.226, n.880, p.449-492, 1973.

Ribeiro, F.; Sano, S.M.; Macêdo; Silva, A. Os principais tipos fitofisionômicos da região dos Cerrados. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1983. 28p. (EMBRAPA-CPAC.

Boletim de Pesquisa, 21).

- Ribeiro, J.F.; Walter, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P; (ed.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA - CPAC, 1998.
- Ribeiro, J.F. and M. Haridasan. 1990. Comparação fitossociológica de um cerrado denso e um cerradão em solos distróficos no Distrito Federal. In Anais do XXXV Congresso Nacional de Botânica, pp. 342-353. Brasília: Sociedade Botânica do Brasil.
- Rizzini, CT. A flora do Cerrado, análise florística das savanas Centrais. In: SIMPÓSIO SOBRE CERRADO, 1962, São Paulo. Anais. São Paulo: EDUSP, 1963. p.125-177.
- Rizzini, C. T. and M. M. Pinto. 1964. Areas Climático-vegetacionais do Brasil segundo os métodos de Thornthwaite e Mohr. Revista Brasileira de Geografia 26: 523-547.
- Robinson, A. H. *et al* (1987), Elementos de Cartografia, Barcelona, Ediciones Omega, (1ª edição 1953, New York), 543 pp
- Rodrigues, Dayse Mysmar Tavares Rodrigues; Miziara, Fausto. Expansão da fronteira agrícola: a intensificação da pecuária bovina no Estado de Goiás. In: Pesquisa Agrapecuária Tropical, Goiânia, v. 38, n. 1, p. 14-20, mar. 2008.
- Rosa, R. Introdução ao Sensoriamento Remoto, 5º ed., Uberlândia. Ed. Da Universidade Federal de Uberlândia, 2003. Rosa, R. Introdução ao Sensoriamento Remoto. 6. Ed. Uberlândia: EDUFU, 2007.
- Sano, Edson Eyji; Barcellos, Alexandre de Oliveira; Bezerra, H.S. Área e distribuição de pastagens cultivadas no bioma Cerrado. In: Boletim de pesquisas, Planaltina (DF), n. 3 p. 1-21, dez. 1999.
- Sano, Edson Eyji *et al*. Mapeamento de cobertura vegetal do bioma Cerrado: estratégias e resultados. (Boletim de Pesquisa). Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. Disponível em: <www.cpac.embrapa.br/download/1204/t>. Acesso em: 10 maio 2012.
- Sano, Edson Eyji *et al*. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. Environmental Monitoring and Assessment (Print) v. 166, p. 113-124, 2010.
- Sato, S. S., Aplicação e Análise da Ortofoto Digital na Definição de Limites de Propriedades Imobiliárias – Estudo de caso: Imóveis da Universidade Federal de Santa Catarina, 1996, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil.

- Sendulsky, T.; Burman, A.G. *Paspalum* species of the Serra do Cipó (1): a contribution to the study of Brazilian Poaceae. *Revista Brasileira de Botânica*, v.1, n.1, p. 01-15, 1978.
- Stehman, S.V., and R. L. Czaplewski, 1998. Design and analysis for thematic map accuracy assessment: fundamental principles, *Remote Sensing of Environment*, 64: 331-344.
- Silva, Adriana Aparecida; Miziara, Fausto. Avanço do setor sucroalcooleiro e expansão da fronteira agrícola em Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, vol. 41, núm. 3, julho-setembro, 2011, pp. 399-407. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil.
- Silva, Elaine Barbosa da. A dinâmica socioespacial e as mudanças na cobertura e uso do solo no bioma Cerrado. Goiânia. UFG, 2013.

ANEXOS

Nível 1	Nível 2	Nível 3
1 Territórios artificializados	1.1 Tecido Urbano	1.1.1 Tecido urbano contínuo
		1.1.2 Tecido urbano descontínuo
	1.2 Indústria, comércio e transportes	1.2.1 Indústria, comércio e equipamentos em geral
		1.2.2 Redes viárias e ferroviárias e espaços associados
		1.2.3 Aeroportos e aeródromos
	1.3 Áreas de extração de inertes, áreas de deposição de resíduos e estaleiros de construção	1.3.1 Áreas de extração de inertes
		1.3.2 Áreas de deposição de resíduos
		1.3.3 Áreas em construção
	1.4 Espaços verdes urbanos, equipamentos desportivos, culturais e de lazer, e locais históricos	1.4.1 Espaços verdes urbanos
		1.4.2 Equipamentos desportivos, culturais e de lazer, e locais históricos
2 Áreas de agricultura e pastagens	2.1 Agricultura anual	2.1.1 Cultura temporária
	2.2 Agricultura perene	2.2.1 Pomares
	2.3 Pastagens	2.3.1 Pastagens permanentes
	2.4 Silvicultura	2.4.1 Culturas temporárias associadas a

		pequenos agricultores
		2.4.2 Sistemas culturais e parcelares complexos
		2.4.3 Agricultura com espaços naturais e semi-naturais
3 Vegetação e áreas naturais	3.1 Formações florestais	3.1.1 Matas Ciliares
		3.1.2 Matas Galeria
		3.1.3 Matas Secas
		3.1.4 Cerradão
	3.2 Formações típicas do Cerrado	3.2.1 Formações savânicas
		3.2.2 Formações campestres
	3.3 Áreas descobertas e com pouca vegetação	3.3.1 Praias, dunas e areais
		3.3.2 Rocha nua/aflorada
		3.3.3 Áreas queimadas
4 Áreas húmidas	4.1 Áreas húmidas interiores	4.1.1 Áreas pantanosas
5 Corpos de água	5.1 Águas interiores	5.1.1 Cursos de água
		5.1.2 Planos de água

Anexo 1 - Nomenclaturas das classes de uso e ocupação do solo do CLC adaptadas para o Cerrado brasileiro.

		Base de dados de referência					
		1	2	3	4	5	Total
TerraClass Cerrado 2013 (nível 1)	1	15					15
	2		212	12			224
	3		5	294			300
	4				1		1
	5					0	0
	Total	16	217	307	1	0	540

Anexo 2 – Matriz de erro do TerraClass Cerrado 2013 adaptado ao CLC, nível 1.
Adaptado de (Caetano *et al.*, 2016).

		Base de dados de referência										
		1	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	4	5	Total
TerraClass Cerrado 2013 (nível 2)	1	15										15
	2.1		79					7				86
	2.2			69			5					74
	2.3				54							54
	2.4					15						15
	3.1						127					127
	3.2			5				88				93
	3.3								75			75
	4									1		1
	5										0	0
Total		15	79	74	54	15	132	95	75	1	0	540

Anexo 3 – Matriz de erro do TerraClass Cerrado 2013 adaptado ao CLC, nível 2.
Adaptado de (Caetano *et al.*, 2016).

		Base de dados de referência																				
		1	2.1.1	2.2.1	2.3.1	2.4.1	2.4.2	2.4.3	3.1.1	3.1.2	3.1.3	3.1.4	3.2.1	3.2.2	3.3.1	3.3.2	3.3.3	4	5	5.1.1	5.1.2	Total
TerraClass Cerrado 2013 (nível 3)	1	15																4				15
	2.1.1		85	2	1	1																89
	2.2.1		2	69	1	1	1	1														75
	2.3.1			2	57			1														60
	2.4.1				1	8	2															11
	2.4.2				1	5	3	1	4	1	1	1										17
	2.4.3					1	2	4		1	2											10
	3.1.1							1	88													89
	3.1.2					1	1	1	1	12		3										19
	3.1.3										15											15
	3.1.4											3										3
	3.2.1												52									52
	3.2.2													31								31
	3.3.1														18							18
	3.3.2															25						25
	3.3.3																10					10
	4																	1				1
	5																		0			0
5.1.1																			0		0	
5.1.2																				0	0	
Total		15	87	73	61	17	11	7	93	14	18	7	52	31	18	25	10	1	0	0	0	540

Anexo 4 – Matriz de erro do TerraClass Cerrado 2013 adaptado ao CLC, nível 3.
Adaptado de (Caetano *et al.*, 2016).